



CENTRO INTERNACIONAL DE ESTUDOS
DE DOUTORAMENTO E AVANZADOS
DA USC (CIEDUS)

TESE DE DOUTORAMENTO

**DAS PAISAGENS FRÁGEIS ÀS
TERRAS EXCLUÍDAS DOS
SERTÕES SECOS: A
DESERTIFICAÇÃO NO SUB-
MÉDIO SÃO FRANCISCO,
BAHIA-BRASIL**

Raquel de Matos Cardoso do Vale

ESCOLA DE DOUTORAMENTO INTERNACIONAL
PROGRAMA DE DOUTORAMENTO EN HISTORIA, XEOGRAFÍA E HISTORIA DA
ARTE

SANTIAGO DE COMPOSTELA / LUGO

2018





DECLARACIÓN DO AUTOR DA TESE

Das paisagens frágeis às terras excluídas dos sertões secos: a desertificação no sub-médio São Francisco, Bahia-Brasil

Dna. Raquel de Matos Cardoso do Vale

Presento a miña tese, seguindo o procedemento axeitado ao Regulamento, e declaro que:

- 1) A tese abarca os resultados da elaboración do meu traballo.
- 2) De selo caso, na tese faise referencia ás colaboracións que tivo este traballo.
- 3) A tese é a versión definitiva presentada para a súa defensa e coincide coa versión enviada en formato electrónico.
- 4) Confirmo que a tese non incorre en ningún tipo de plaxio doutros autores nin de traballos presentados por min para a obtención doutros títulos.

En Santiago de Compostela, , de 2018

Asdo. Raquel de Matos Cardoso do Vale





AUTORIZACIÓN DO DIRECTOR / TITOR DA TESE

Das paisagens frágeis às terras excluídas dos sertões secos: a desertificação no sub-médio São Francisco, Bahia-Brasil

D. Augusto Pérez-Alberti

INFORMA:

Que a presente tese, correspóndese co traballo realizado por Dna. Raquel de Matos Cardoso do Vale, baixo a miña dirección, e autorizo a súa presentación, considerando que reúne os requisitos esixidos no Regulamento de Estudos de Doutoramento da USC, e que como director desta non incorre nas causas de abstención establecidas na Lei 40/2015.

En Santiago de Compostela, ,

de 2018

Asdo. D. Augusto Pérez-Alberti



...E ao tornar da travessia o viajante, pasmo, não vê mais o deserto. Sobre o solo, que as amarílis atapetam, ressurge triunfalmente a flora tropical. É uma mutação de apoteose. Os mulungus rotundos, à borda das cacimbas cheias, estadeiam a púrpura das largas flores vermelhas, sem esperar pelas folhas; as caraíbas e baraúnas altas refrondessem à margem dos ribeirões refertos; marizeiros; quixabeiras; icozeiros; ouricuris; alecrim-dos-tabuleiros; umburanas; umbuzeiros;...

...E o sertão é um paraíso...

Euclides da Cunha, *Os Sertões*, 1901.



Dedicatórias

*A minha mãe Deusmira de Matos,
com quem aprendi que a vida é uma
travessia inexorável, que dia a dia,
requer determinação, confiança e
superação.*

*A minha filha Júlia Caribé,
com quem tenho aprendido
sobre o amor e sobre o tempo.*



Agradecimentos

Esta tese surgiu de uma inquietação pessoal por melhor conhecer uma das regiões mais excluídas da Bahia e, uma das poucas, que abriga as mais belas caatingas remanescentes do bioma. Terras antigas, de índios e de quilombos, lutas e resistências, de exclusão. Contudo, concluir, só foi possível graças a colaboração e a confiança de todas as pessoas que acreditaram e embarcaram comigo nessa travessia. Assim, expresso aqui, os meus agradecimentos.

A Júlia Caribé, cuja presença, sorriso amplo e cumplicidade, trouxeram serenidade a este longo caminho de surpresas e descobertas.

A Augusto Pérez-Alberti, meu orientador, que aceitou o desafio com estímulo, critério, confiança e bom humor, fazendo com este longo período de pesquisa se tornasse leve e mais prazeroso.

A Jocimara Lobão, pelo entusiasmo e tranquilidade, com que tornou possível superar várias etapas de exaustivos processamentos.

A Eduardo Gabriel Palma, pela parceria que nos une ao sub-médio São Francisco e intermináveis conversas na casa do Rio Vermelho.

A Gisele Moreira, pelo estímulo e confiança que vem estreitando laços de afeto e de cumplicidade.

As meninas da casa do Rio Vermelho, tantas e tão lindas.

A Marta Ribeiro, pela alegria, por me cuidar e proteger.

A Leandro, Silvestre e Mi(y)rians, raízes das Gerais, cuja distância não calou palavras de estímulo e confiança.

A Marcelo Amorim, Ricardo Machado, Vanessa Vieira, Oriana Silva, Anderson Gomes, Maria da Paz Rodrigues e Ana Isabel Leite, que entre idas e vindas, incertezas, resguardamos os sonhos e a luta.

A Manuel Cabalar, pela amizade e confiança com que nos recebeu nas terras galegas e nos presenteou com duas pérolas, Manoel e Inês.

A Arlindo Washington Lima e Liamara Carelli, parceiros de todas as horas, sempre atenciosos aos meus pedidos.

A UEFS e a Área de Geografia, pela concessão de bolsa-strictu-sensu e autorização para afastar-me das atividades docentes; sem as quais, seria muito mais difícil chegar até aqui.

A todos, os meus mais sinceros agradecimentos.



RESUMO

A Região de Planejamento e Gestão das Águas dos rios Macururé e Curaçá, localizada no sub-médio curso do Rio São Francisco, é o recorte geográfico para o estudo da desertificação que atinge a porção NE do estado da Bahia (Brasil). Parte-se do princípio, que este processo resulta de um conjunto multifacetado de desequilíbrios socioambientais insustentáveis e da insuficiente presença do Estado. Para alcançar tais objetivos, ou seja, identificar os processos de degradação na região, foram utilizados os indicadores sociais, econômicos, biológicos, físicos, e do uso do solo, conduzidos na perspectiva da análise integrada, diacrônica e sincrônica da paisagem. Foi gerado um banco de dados multitemático para avaliar os indicadores da situação socioeconômica; do comportamento multitemporal dos índices de vegetação NDVI e EVI; da evolução temporo-espacial das superfícies transformadas por atividades humanas e remanescentes de vegetação; e características das unidades geomorfológicas. Estes dados foram processados em SIG e geraram modelos espaciais para espacializar os processos de desertificação. A RPGA-MC se caracteriza por ser historicamente pouco assistida pelo Estado e por uma base econômica, dependente da pecuária extensiva e da agricultura de sequeiro de subsistência. Este contexto criou uma dinâmica de baixa sustentabilidade socioambiental, que retroalimenta, e tem gerado degradação contínua e desertificação. A análise de dados socioeconômicos apresentou resultados muito negativos. A agricultura familiar predomina na região, sendo que a lavoura temporária, sobretudo a de sequeiro, é praticada em todos os municípios, enquanto a irrigada é restrita a calha do São Francisco. O uso das terras é, no entanto, prioritariamente voltado para a pecuária extensiva, principal, senão única atividade produtiva rural para o conjunto das populações. As pastagens naturais são vitais e ocupam extensões de terras muito grandes, sustentando um rebanho superior a 1 milhão de cabeças, 92% formado por caprinos e ovinos. São estes animais, principalmente, que têm provocado maior dano nas caatingas e ampliado as áreas de pastejo extensivo. O reflexo é a existência de um processo de transformação da vegetação que tem levado ao declínio da capacidade de suporte das caatingas. O grau de ocupação e transformação é bastante expressivo e, cerca de 75% da região, encontra-se nesta condição. Os modelos gerados pela integração multitemporal dos índices de vegetação delinearam o comportamento sazonal da vegetação, acentuadamente dinâmico, corroborando a premissa da alta sensibilidade da caatinga aos episódios de secas, ou seja, da frágil ecogeografia da região. As atividades rurais são realizadas em função das potencialidades locais e das possibilidades de produção da população. As depressões são ocupadas por pecuária extensiva, o tabuleiro abriga grandes remanescentes de caatinga e as serras e os maciços residuais, *habitats* geomorfológicos. As Unidades de Paisagem, discriminaram células, núcleos de desertificação, e remanescentes de caatingas, para além de outras unidades menores. Os resultados guardam semelhança e convergência com aqueles apresentados na revisão da literatura especializada. As evidências do processo são observadas nas células e nos núcleos de desertificação e possibilitaram afirmar que esta região apresenta indicadores de degradação severa, suficientes, para integrar a lista dos Núcleos de Desertificação do Semiárido Brasileiro.

Palavras-chave: Uso das terras. Capacidade de suporte. Sustentabilidade. Geotecnologias. Processamento Digital de Imagens.

ABSTRACT

The Planning and Water Management Region of the Macururé and Curaçá rivers, placed in the sub-middle course of São Francisco river, consists the geographic cut for the desertification study that reaches the NE of the state of Bahia (Brazil). It is assumed that this process results from a multifaceted set of unsustainable socio-environmental imbalances and the insufficient presence of the State. In order to achieve these goals, that is, to identify the desertification processes in the region, based on the integrated, diachronic and synchronic analysis of the landscape, were used social, economic, biological, physical and land use indicator, based on the integrated, diachronic and synchronic analysis of the landscape. A multi-thematic database was formed for the evaluation: socioeconomic status indicators; NDVI and EVI vegetation indices multitemporal behavior; temporo-spatial Evolution of surfaces transformed by human activities and vegetation remnants; and geomorphological units characteristics. These data were processed in GIS and generated spatial models to explore desertification processes. The RPGA-MC is characterized by historical low State assistance and for its economic base dependent on extensive livestock and subsistencing dry farming. This context created a socio-environmental dynamic of low sustentability, which feeds and generates continuous degradation and desertification. The analysis of socioeconomic data presented very negative results. Family farming predominates in the region, and temporary agriculture, especially dry farming, is practiced in all municipalities, while irrigated agriculture is restricted to the São Francisco channel. The land use is, however, mainly focused on extensive livestock, the main if not the only rural productive activity for all populations. Natural pastures are vital and occupy large land extention, supporting a herd of more than 1 million heads, 92% of goats and sheep. These animals are responsible for greater caatinga vegetation damage, extended to the areas of extensive grazing. It reflects on a transformation process that leads to the support capacity decline of the caatingas. The occupation and transformation degree are quite expressive, and about 75% of the region fits in this condition. The models generated by the multitemporal vegetation integration indices delineated the seasonal behavior of the vegetation, markedly dynamic, which corroborates with the caatinga high sensitivity premise to droughts episodes, that is, of the fragile ecogeography of the region. Rural activities are carried out according to the local potentialities and production possibilities of the population. The depressions are occupied by extensive cattle raising, the board bears large remnants of caatinga and the mountains and residual masses, geomorphological habitats. On the other hand, the Landscape Units are made up of discriminated cells, desertification nuclei, and remnants of caatingas, beside of other smaller units. The results have similarity and convergence with those presented in the literature review. The desertification process are observed in the cells and nuclei of desertification and allows to affirm that this region presents severe degradation indicators, enough to integrate the list of Desertification Nuclei of the Brazilian Semiárid.

Keywords: Land use. Supportability. Sustainability. Geotechnology. Digital Image Processing.

RESUMEN EXTENDIDO

La Región del Planeamiento y Gestión de las Aguas de los ríos Macururé y Curaçá, ubicada en el sub-medio cauce del Río São Francisco, es el recorte geográfico para el estudio de la desertificación que atinge a la porción nordeste del estado de Bahia (Brasil). Se parte del principio de que este proceso resulta de un conjunto multifacético de desequilibrios socioambientales, producidos por una apropiación y manejos de suelos, que son insostenibles para regiones eco geográficas frágiles, así como, por la insuficiente presencia del Estado.

La desertificación ven siendo discutida y evaluada mundialmente desde la Conferencia de Nairobi, en 1977, y en el Brasil ha ganado visibilidad y mayor atención desde 1994, cuando el país pasó a signatario de la UNCCD. Con la formulación de la Agenda 21 Brasileña, concluida en 2002, el proceso de desertificación fue formalmente reconocido y pasó a integrar la lista de problemas ambientales del país. Este fue un marco institucional importante y que vino a ampliar los espacios de discusión e investigación, poniendo la desertificación en la agenda de las políticas de gobierno y de los espacios académicos.

La desertificación es un proceso de orígenes y consecuencias transversales a las temáticas económica, social, demográfica, política, ambiental y climática, y es tarea de la gestión ambiental e hídrica, entre otras, analizar, proponer y manejar políticas públicas que alcancen esta amplia dimensión. Par e passu, se relaciona, también, con la ausencia, o insuficiencia, de políticas públicas que aseguren, de hecho, el uso racional de los recursos ambientales, uno de los factores que están en la base de las causas de este proceso. Estos se desdoblan en otros – actividades agrícolas, desforestación, aumento de aridez e infraestructura. Los más recurrentes, en diversos dominios semiáridos del mundo, son las actividades agrícolas y el aumento de aridez. Para comprender una serie de factores tan exhaustivos, fue establecido internacionalmente, un amplio conjunto de indicadores de desertificación, que orientan la investigación del proceso.

Teniendo en cuenta estos presupuestos, han sido definidos, para evaluar la desertificación en la región, indicadores sociales, económicos, biológicos, físicos, e de uso del suelo. El estudio fue llevado a cabo en la perspectiva de análisis integrada, diacrónica y sincrónica del paisaje, principios que fueron aplicados para formar el paquete teórico y conceptual de la desertificación. Para hacerlo, fue generada una base de datos multitemática, que dio subsidio para interpretar y evaluar los indicadores de la situación económica; del comportamiento multitemporal de los índices de vegetación NDVI y EVI; de la evolución temporal y espacial de las superficies transformadas por actividades humanas y de la vegetación remanente; y de las características de las unidades geomorfológicas. Estos datos fueron procesados en SIG y generaron modelos espaciales geoambientales, que han proporcionado una mayor comprensión de las dinámicas socioambientales y de los procesos de desertificación.

La RPGA-MC se caracteriza por ser históricamente poco asistida por el Estado y por una base económica dependiente de la ganadería extensiva y de la agricultura de secano de subsistencia. Este contexto ha creado una dinámica de baja sostenibilidad socioambiental, que retroalimenta, y ha generado degradación continua y desertificación. La población es predominantemente rural, sobre todo, en Chorrochó, Curaçá, Glória y Macureré, sin embargo, existe una ligera tendencia de crecimiento de la población urbana. Los factores estimulantes de esta inversión pueden estar relacionados al

abandono de las tierras rurales y a la expectativa de empleo y rienda en la ciudad, típico movimiento migratorio que viene siendo observado y que es parte de la historia de los sertões desde hace muchas décadas.

El análisis de datos relacionados a la calidad de vida presentó resultados muy negativos. El Coeficiente de Gini entre 0,4 y 0,6 – desigualdad económico-social mediana – indicó concentración de rienda, o sea, empobrecimiento de una parte de la población. Esto es más grave en los municipios de Abaré, Rodelas y Macururé. El Índice de Desarrollo Humano Municipal estuvo entre mediano (0,6) y bajo (0,5), y los parámetros rienda y educación fueron los que más pesaron en la formación de este índice. El Índice Firjan de Desarrollo Municipal presentó resultados similares. En el ranking nacional de este índice, todos los municipios ocuparon una posición irrelevante.

Estas bajas condiciones socioeconómicas fueron certificadas, también, por el grande número de familias registradas y beneficiadas por el programa de transferencia de rienda Bolsa Família. Las estimativas del cuantitativo de la población beneficiada, considerando el tamaño medio de cada familia en cuatro personas, certifican su extrema importancia para la región, al atender más del 50% de la población, en todos los municipios. Este dato es muy superior a la media brasileña, que fue de aproximadamente un 27% en el año de 2015. La mayor parte de los asistidos está domiciliada en la zona rural e es formada por agricultores familiares, sobre todo en Chorrochó, Curaçá, Glória y Jaguarari, e indígenas, en Curaçá, Glória y Rodelas.

La agricultura familiar predomina en toda la región. La agricultura temporaria, sobre todo la de secano, es practicada en todos los municipios. La permanente, se destaca solamente en Abaré, Juazeiro y Rodelas, cuyas plantaciones irrigadas ubicadas en el canal del río São Francisco, creó otras dinámicas socioeconómicas y espaciales, puntuales y conexas a los ejes del agronegocio. Se observa, por lo tanto, que este arreglo espacial es fuertemente controlado por la disponibilidad del agua, como también, por las formas de acceso a ella, visto que, los pequeños productores enfrentan varias barreras para acceder a este bien.

Entonces, el uso de las tierras es prioritariamente orientado a la ganadería extensiva, principal, sino la única actividad productiva rural para el conjunto de poblaciones. Las dificultades enfrentadas en la agricultura, sobre todo, la escasez de agua e inexistencia de sistemas de irrigación en el interior de la región, inhiben los cultivos. Los pastos naturales se han vuelto, de esta forma, extremadamente importantes para las poblaciones rurales. Se encuentran distribuidos en todas las propiedades y ocupan extensiones de tierras muy grandes, principalmente, en las pequeñas propiedades. Sostienen un rebaño superior a 1 millón de cabezas, un 92% formado por caprinos y ovinos, animales más resistentes y mejor adaptados a las severas condiciones del clima, que les vuelve más competitivos frente a los bovinos. La mayor parte de este efectivo se encuentra en Juazeiro, Curaçá y Macururé, que, en términos relativos, poseen el 50% del rebaño de la región.

Son estos animales, principalmente, que han provocado daños más grandes a las caatingas y ampliando las áreas de pasto extensivo. El reflejo es la existencia de un proceso de transformación de la vegetación que ha llevado al declino de la capacidad de soporte de las caatingas a la ganadería extensiva. La media para la región - 2,8 hectáreas de pasto para cada animal, por año – está abajo del valor estimado como adecuado al semiárido brasileño, que es de 4,5 hectáreas. Cuanto más pequeñas las áreas de pasto, más grande la presión sobre los recursos y, en consecuencia, las caatingas no se auto-regeneran.

El número de animales por unidad de área tiene aumentado regularmente, sea por lo crecimiento de los rebaños, sea por la escasez de recursos vegetales satisfactorios a la dieta alimentar, sea por la deforestación de la caatinga, sea porque esta es, prácticamente, la única fuente de rinda y alimento de las poblaciones. En fin, varios factores explican la super utilización del pasto. La consecuencia inmediata es la degradación de la capa herbácea, debido al desaparecimiento de las especies forrajeras, estimulando el pasto de brotes y hojas de arbustos y árboles. La sucesión ecológica es potencializada y, a largo plazo, resulta en profunda rarefacción, pérdida de la diversidad biológica y exposición de los suelos a la erosión y desertificación, al mismo tiempo en que retarda la pedogénesis.

Rodelas, donde cerca un 61% del área de las propiedades poseen remanentes de catingas, es el único municipio que no se encaja en este padrón de uso. La Estación Ecológica Raso da Catarina y los territorios y tierras indígenas Pankararé y Tuxá allí ubicados, explican parcialmente esta alta capacidad de soporte, en una región donde prevalecen datos diametralmente opuestos. Las restricciones y prohibiciones definidas por la legislación ambiental al uso de áreas protegidas han preservado la caatinga y proporcionado mejores condiciones ecosistémicas para que la vegetación se desenvuelva con un estrés ambiental, relativamente, más bajo. Las formaciones vegetales se mantienen mucho más adensadas, con un porte más grande y más exuberancia, de que su entorno.

El nivel de ocupación y transformación derivado de la ganadería y de la agricultura es bastante expresivo – aproximadamente un 75% de la región se encuentra en esta condición. Como agravante, el análisis multitemporal señaló que esta dinámica es crecente y solo no atinge parte de los sistemas interfluviales, sobre todo, el tablero. De esta forma, los remanentes de vegetación – un 25% de la región – controlados por el relieve, revisten sierras, serrotes, morros e inselbergs, quedando desnudos los pies de las colinas, frecuentemente, áreas deforestadas u ocupadas por pastos. Los afloramientos persisten en estos relieves de fuerte rugosidad y constituyen hábitats geomorfológicos diferenciados de los pediplanos de entorno.

Se estima que la existencia de remanentes de vegetación en la región también es controlada por las propiedades de los suelos. En el tabuleiro, los neosuelos quartzarénicos bastante frágiles, laterizados o no muy secos, dificultan las actividades rurales y contribuyen para la conservación de grandes remanentes de caatingas. Suelos pedregosos y/o quartzarénicos ubicados en las depresiones, presentan mayor densificación de la vegetación. Capões de mata son frecuentes en estas tipologías, en especial, a lo largo de las líneas de drenaje.

Los modelos generados por la integración multitemporal de los índices de vegetación delinearon claramente el comportamiento periódico de los mecanismos fenológicos de la vegetación, donde la xeromorfia actúa en una dinámica pendular inexorable. Han posibilitado estimar que, además de la aridez dominante en la región, es importante resignificar la variable tiempo, o sea, los reflejos decurrentes de la exposición de los suelos por meses o años a situaciones de sequía. El tiempo, puede ser inferido en los modelos por medio de grande exhaustividad espacial de los índices más bajos, que revelan la gravedad de los daños provocados. En otras palabras, demuestra la permanencia temporal de dinámicas resistáticas en detrimento de las biostáticas.

También han evidenciado que las depresiones están sujetas, durante todo el tiempo, a insuficiencia hídrica y que, de hecho, los efectos periódicos actúan solamente en el sentido de intensificar los mecanismos de caducifolia. Los cortos periodos de lluvia, mismo en la ausencia del El Niño, son insuficientes para aportar agua a los sistemas del

paisaje. Grandes volúmenes se pierden por desagüe y evaporación, y o retroalimentan tales sistemas, resultando en el rápido retorno a las condiciones de sequía. Las lluvias son fuertemente concentradas en pocas semanas del año y no mantienen los doseles fotosintéticamente activos por mucho tiempo, y así, la vegetación permanece deshojada o con baja proporción de hojas sanas, durante largos meses o años. Por extensión, en el escenario temporal, el paisaje pasa a retratar las características decurrentes de esta escasez hídrica – grandes superficies con vegetación severamente deshojada y/o casi muriéndose. Allí, se incluyen áreas donde la supresión de la vegetación ha sido total, hasta áreas de vegetación escasa, pasando por situaciones de sucesión ecológica y nanismo.

Las causas subyacentes de la fuerte periodicidad regional sobre la vegetación son acentuadamente dinámicas y corroboran la premisa de la alta sensibilidad de la caatinga a los episodios de sequía, o sea, la frágil ecogeografía de la región. Es esta dinámica periódica y pendular, tal vez mucho más de que cualquier otra variable, que regula los procesos fenológicos de la vegetación y, a su vez, la exposición de los suelos a la radiación solar, evapotranspiración y morfogénesis, creando condiciones propicias al desenvolvimiento de la desertificación.

Los modelos han revelado también como es importante comprender la relación del efecto dinámico de la incidencia o ausencia de lluvias sobre la caducifolia, porque este es un indicador de los procesos inductores de la desertificación. Hasta qué punto los bajos valores de los índices pueden indicar un fenómeno biológico y ecológico natural y hasta qué punto exponen un escenario ambiental de ausencia de vegetación, ausencia esta decurrente o agravada por las actividades humanas. Se observó que, a lo largo de la serie histórica analizada, la periodicidad ha impuesto creciente expansión de las áreas más secas y retracción de las más húmedas. De esto, se deduce que las condiciones hídricas en la región han empeorado progresivamente llevando la vegetación a las condiciones de degradación y aumento de la aridez.

La ocupación de las tierras y las actividades rurales son realizadas en función de las potencialidades y de las posibilidades de producción de la población, individuales y/o colectivas. Esto es observado principalmente cuando se tratan de pequeñas propiedades de subsistencia. De toda forma, el relieve ejerce un papel fundamental. Por un lado, puede favorecer a que la agricultura y la ganadería se desenvuelvan, como por ejemplo, en las planicies y terrazas fluviales y aluviales, pero también puede ser un obstáculo e inviabilizar cualquier tentativa.

Las depresiones constituyen las tipologías más ampliamente desenvueltas, se extendiendo por cerca de un 63% del territorio. Abrigan sub-bacías hidrográficas del São Francisco y, entre las mayores, están la del Curaçá y la del Macureré, cuyo canal principal exhibe fuerte disecación y extenso desenvolvimiento de terrazas acumuladas por procesos de movilización de sedimentos en el interior de las bacías. Sin embargo, predominan superficies pediplanas, discretamente recortadas por pequeños ríos, canales difusos, barrancos y surcos, que modelan formas suavemente onduladas, resultando en la grande horizontalidad de las depresiones.

Estos espacios son ocupados por ganadería extensiva, con super utilización de pastos, fragmenta la caatinga en inúmeros mosaicos de células de desertificación, cuyos suelos desnudos, a veces compactados o no consolidados, a veces pedregosos o litólicos, exhiben profunda erosión laminar, difusa, surcos y en la capa freática. Tal dinámica es periódica y controlada por el volumen y duración de las precipitaciones, pero, es muy significativa, una vez que remueve importante volumen de sedimentos para las líneas de

drenaje. Progresivamente y, en la dependencia de la declividad, modela características desnudas, células y también zonas de acumulación. Mínimas rupturas de declividad son suficientes, en los períodos de lluvia, para movilizar los sedimentos, morfogénesis esta que retarda la formación de suelos y la recolonización vegetal.

El Tablero de Tucano Norte es la segunda mayor unidad geomorfológica, ocupando un 14% de la región. La disposición N/S en su eje más grande y las altitudes redireccionan la circulación de los vientos leste y produce efectos de barlaviento y sotaviento – las isoyetas medias anuales están entre 400 y 500mm, respectivamente, en cada sector. De este modo, la aridez es más grande y atinge toda la región expuesta al sotavento, mientras en el barlaviento, estas condiciones son mucho menos intensas. Los procesos pedogeomórficos en cada cara del tablero son bastante distintos, pudiendo ser identificada mayor frecuencia de los procesos de disecación en las laderas de barlaviento. Ya la Depresión del Macureré, ubicada a oeste de los tableros, presenta pedimentación muy desenvuelta y los principales núcleos de desertificación allí se desenvuelven.

Morros y colinas ocurren en un 12% de la región. El conjunto de estos relieves forman los interfluvios entre las bacías de los ríos Curaçá y Macureré. Presentan diferentes niveles de disecación, en respuesta a la densidad de fracturas y contactos litológicos, donde la erosión diferencial, favorecida también por la mayor declividad de las laderas y rampas, se instala y diseca las superficies. Esta dinámica es acentuada y, acompañada pela super utilización del pasto, promueve la exposición de la rocha, donde células de desertificación se propagan ampliamente.

Las sierras y los macizos residuales, como inselbergs y lajedos, y mesetas se encuentran diseminados por toda la extensión de las depresiones. La conjunción de factores relacionados a la humedad, insolación, viento, litología y a la baja presencia de animales creó condiciones particulares para el desenvolvimiento de hábitats geomorfológicos que preservan las catingas y los pequeños roedores, reptiles y aves.

Las Unidades de Paisaje, mapeadas por medio de modelaje espacial de los datos declividad, suelos, superficies transformadas y remanentes de vegetación discriminó claramente células, núcleos de desertificación y remanentes de catingas, además de otras unidades más pequeñas.

Las células de desertificación se distribuyen en cerca de un 55% de la región. Estas pueden ser consideradas etapas en el límite entre áreas donde la desertificación evoluciona o, podrá evolucionar, para núcleo de desertificación. Presentan capacidad de soporte que varía entre muy baja hasta moderada y, de la misma forma, el sano, la resiliencia ambiental y la sostenibilidad socioambiental. Son caracterizadas por superficies degradadas, diseminadas por centenas de kilómetros cuadrados, en todas las depresiones, permeando la caatinga rarefacta. Exhiben las múltiples caras de un mismo proceso de agotamiento ambiental y de declino de las condiciones socioeconómicas, factores que les confiere grande diversidad fisionómica. El mapeo identificó 3 diferentes tipos de células, conforme el nivel de gravedad instalado.

Los núcleos ocurren en el 5% de la región y presentan procesos acentuados de desertificación. Exhiben extensas superficies formadas por la fusión de células de desertificación, con vegetación mucho rarefacta o ausente, que ha expuesto el suelo y ha potencializado los procesos de erosión eólica, de evaporación y de evapotranspiración. La fuerte incidencia directa de la radiación solar y las temperaturas elevadas durante casi todas las estaciones, favorecen los procesos de pérdida de humedad. Los niveles freáticos son rebajados o desaparecen y no contribuyen para las trocas hídricas del sistema suelo-planta.

La xeromorfia se vuelve, en este escenario, poco eficiente y la vegetación pasa a sufrir grande estrés hídrico, que puede llevarla a la muerte. Son áreas de capacidad de soporte, sostenibilidad socioambiental y resiliencia ambiental muy baja. En estas condiciones, la morfogénesis pluvial y fluvial se presenta bastante activa y esculpe una red de surcos y barrancos, con acentuada pérdida de suelo. Las raíces expuestas de las plantas, arboles tumbadas y la grande exposición de los lajedos atestan la intensidad de los procesos laminares y en capa freática.

La ganadería extensiva es la única actividad que persiste en estos núcleos. Los rebaños sueltos en la caatinga buscan alimento – escaso y poco nutritivo – que los fuerza a vagar por kilómetros de superficies. La super utilización del pasto perjudica el suelo, destruye semillas y brotes y, cíclicamente, contribuye para la rarefacción y empobrecimiento de la caatinga. Se recomienda que, en estas áreas, el uso deba ser evitado para contener la expansión del proceso, para no comprometer unidades adyacentes.

Es posible afirmar, ante tales constataciones, que la existencia de una red de factores socioambientales han provocado desequilibrios sistémicos, que se retroalimentan y crean dinámicas de baja resiliencia. La fragilidad ambiental, sumada a la insuficiente presencia del Estado, repercute de forma bastante desfavorable en todo el sistema, llevándolo a la degradación y a la insostenibilidad. Tal situación está en marcha y viene siendo registrada recurrentemente en la RPGA-MC y evoluciona progresivamente para la desertificación.

Los Remanentes de Vegetación representan las últimas, continuas y extensas formaciones de la caatinga densa, diversa y con mayor originalidad encontradas en el nordeste de Bahía. Están ubicadas en parte de las depresiones e en los tableros, sobre todo, en áreas donde las actividades humanas son incipientes o indirectas, y corresponden a un 3,5% de la región. La arbolea-arbustiva ocupa las porciones más elevadas del relieve y sectores aislados de las depresiones; la parque se restringe a las depresiones, sobre todo, del Macureré, donde exhibe mayor diversidad y originalidad. Sobre los tableros se encuentran las más grandes extensiones, tanto de la arbolea-arbustiva, cuanto parque, cerca de un 10%.

La permanencia de la vegetación, en medio a paisajes tan profundamente transformados, se debe a 2 factores principales – físicos e infraestructurales. Los físicos, que limitan severamente la ocupación y los usos; y los infraestructurales o políticos-institucionales que, visto su insuficiencia, agregan otras limitaciones, que potencializan los factores físicos. Es esta condición limitante, excluyente y secular que resultó en la preservación de algunas áreas de caatinga, en una región hídrica estratégica. En otro contexto, o sea, en la ausencia de estos factores limitantes, la ocupación de la región sería más grande y más homogénea y los remanentes de caatinga serían mucho más exigüos.

De este modo, en esta unidad no inciden células y/o núcleos de desertificación y allí están las caatingas más biodiversas y primitivas del bioma caatinga, donde especies endémicas y raras de la flora y de la fauna encuentran refugio ecosistémico para reproducirse, los hábitats geomorfológicos.

Una pequeña parte de estos espacios está protegida en la Reserva Ecológica Raso da Catarina, en las Áreas de Preservación Permanente y en las Reservas Legales, pero lo que queda no, necesitando, por lo tanto, de medidas protectoras ya. La sostenibilidad ambiental es elevada, debiendo ser prioritaria para la preservación y para la gestión municipal, estadual y federal, legitimada por interlocución, diálogo y participación de todos los colectivos de poblaciones que habitan estos sertões.

La fuerte desigualdad social, pobreza, insuficiente formación escolar y profesional ponen la región al borde del desenvolvimiento estadual y nacional. Este carácter de exclusión es indicador de desertificación y, en grande medida, resulta de factores que ultrapasan la cuestión de la semi aridez y de las sequías. Están en los aspectos políticos-institucionales de gobernanza, las respuestas, objetivamente, más pertinentes para comprenderse el perfil socioeconómico de la región, tan dependiente de las actividades primarias de la economía. No se trata solamente de una cuestión climática, sino también de la ausencia o insuficiente presencia del Estado para hacer llegar a la región los medios capaces de generar otras estructuras que proporcionen un salto de calidad en la educación, en la economía y en la generación de empleo y rienda.

Las fuerzas políticas de Bahía, del Nordeste y del país protagonizaron un papel decisivo en la gobernanza. Sin embargo, es selectivo y puntual, fragilizando y sometiendo la región a un poder no-local, visto que, al nivel local no existen las fuerzas políticas necesarias para hacer frente al arreglo político dominante. Lo que queda es reafirmar que la condición estratégica de la región, el sub-medio del São Francisco, es el factor determinante de este juego, ante su importancia hídrica, energética y económica para el Nordeste y para el país. En este escenario político-institucional, las poblaciones de los sertões secos, secularmente excluidas, persisten carentes de instrumentos y medidas efectivas que les garantan la formación de una sociedad menos desigual, que podría establecer una relación más sostenible con la naturaleza y disminuir la presión sobre los recursos ambientales.

El estudio de los procesos de desertificación que están en marcha en la región de aguas de los ríos Macureré y Curaçá ha alcanzado, con estos resultados, similitudes y convergencias con aquellos presentados en la revisión de la literatura especializada. Las evidencias del proceso son observadas en las células y en los núcleos de desertificación y posibilitan afirmar que esta región presenta indicadores de degradación severa suficientes para integrar la lista de los Núcleos de Desertificación del Semiárido Brasileño.

Las causas que tienen transformado la degradación ambiental en estas tierras secas para dinámicas de baja sostenibilidad, baja resiliencia y alta resistasia, deflagrando procesos de desertificación, y que también fueron señalados en otros estudios, dentro y fuera de Brasil, son:

- Deforestación de la caatinga para la plantación de pastos herbáceos o culturas de ciclo corto.
- Sustitución de la caatinga por prácticas de agricultura, ganadería y retirada de madera para producción de leña y carbón.
- Histórico uso de los recursos forestales para la producción de leña y carbón vegetal ultrapasa la capacidad de soporte ambiental y progresivamente conduce para procesos de degradación, hasta atingir la desertificación.
- Naturaleza geomorfológica, pedológica y climática.
- Ganadería extensiva.
- Sucesión ecológica, debida a la super utilización del pasto, provocando el aumento de la erosión, compactación del suelo y reducción en las tasas de infiltración.
- Exploración de la tierra y formas como las actividades agrícolas son practicadas han ejercido presión sobre el ambiente, llevándolo a la degradación.
- Erosión del suelo y su irreversibilidad.
- Uso inadecuado del suelo y pobreza regional.

- Desconocimiento de prácticas de manejos conservacionistas y bajos control y fiscalización de los órganos competentes, tanto en asentamientos cuanto en proyectos agrícolas.
- Estructura de los suelos y agropecuaria, con el predominio de pequeñas propiedades, asociadas a la escasez de capital, impidiendo la retirada anual de las tierras.
- Ocurrencia de sequías acentuadas, sobre todo donde los suelos son de pequeña profundidad, hace con que la infiltración y la reserva de agua utilizada por las plantas disminuyan de forma intensa, factor limitante para la recolonización de la vegetación.

Palabras-clave: Uso de las tierras. Capacidad de soporte. Sostenibilidad. Geotecnologías. Procesamiento Digital de Imágenes.



Lista de Figuras, Tabelas e Gráficos

Figuras:

Figura 1.1. Mapa de localização da Região de Planejamento e Gestão das Águas dos rios Macururé e Curaçá.....	29
Figura 2.1. Áreas de risco de desertificação no mundo.....	37
Figura 2.2. Mapa da vulnerabilidade global à desertificação.....	42
Figura 2.3. Mapa dos sistemas de terras secas.....	43
Figura 2.4. Mapa das terras secas em relação às áreas florestadas de entorno.....	44
Figura 2.5. Condições climáticas atuais e paleoclimáticas na América do Sul.....	47
Figura 2.6. Áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste Brasileiro.....	50
Figura 2.7. Mapa da suscetibilidade à desertificação na Bahia.....	55
Figura 3.1. Mapa da Região Semiárida do Brasil.....	65
Figura 3.2. Mapa das Províncias Geológicas.....	68
Figura 3.3. Mapa geológico simplificado da porção norte do Cráton do São Francisco e das faixas dobradas Rio Preto, Riacho do Pontal e Sergipana, da Província Borborema.....	69
Figura 3.4. Província Borborema.....	70
Figura 3.5. Mapa das classes de rochas.....	72
Figura 3.6. Modelo de pediplanação e superfícies escalonadas do Nordeste Brasileiro.....	74
Figura 3.7. Mapa Geomorfológico Simplificado.....	75
Figura 3.8. Mapa de Isoietas (mm).....	76
Figura 3.9. Localização das estações meteorológicas.....	77
Figura 3.10. Mapa de Vegetação e Uso dos Solos.....	78
Figura 3.11. Mapa de Solos.....	80
Figura 3.12. Mapa dos Municípios, Territórios Indígenas e Unidades de Conservação.....	82
Figura 3.13. Associações de Fundos e Fechos de Pasto por município - Bahia, 2010.....	87
Figura 3.14. Número de Comunidades Negras Rurais e Quilombolas por município – Bahia, 2010.....	88
Figura 4.1. Esboço representativo da Capacidade de Suporte da Caatinga à Pecuária.....	162
Figura 4.2. Trabalhos de Campo - pontos amostrados.....	181
Figura 5.1. Mapa do NDVI no dia 22 de março de 2001.....	194
Figura 5.2. Mapa do EVI no dia 22 de março de 2001.....	194
Figura 5.3. Mapa do NDVI no dia 06 de março de 2006.....	195
Figura 5.4. Mapa do EVI no dia 06 de março de 2006.....	195
Figura 5.5. Mapa do NDVI no dia 06 de março de 2011.....	196
Figura 5.6. Mapa do EVI no dia 06 de março de 2011.....	196
Figura 5.7. Mapa do NDVI no dia 05 de março de 2016.....	197
Figura 5.8. Mapa do EVI no dia 05 de março de 2016.....	197
Figura 5.9. Mapa do NDVI no dia 29 de agosto de 2001.....	203
Figura 5.10. Mapa do EVI no dia 29 de agosto de 2001.....	203
Figura 5.11. Mapa do NDVI no dia 29 de agosto de 2006.....	204
Figura 5.12. Mapa do EVI no dia 29 de agosto de 2006.....	204

Figura 5.13. Mapa do NDVI no dia 29 de agosto de 2011.....	205
Figura 5.14. Mapa do EVI no dia 29 de agosto de 2011.....	205
Figura 5.15. Mapa do NDVI no dia 28 de agosto de 2016.....	206
Figura 5.16. Mapa do EVI no dia 28 de agosto de 2016.....	206
Figura 5.17. Incidência de secas sobre o Nordeste Brasileiro.....	211
Figura 5.18. Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação-2009.....	223
Figura 5.19. Caatinga arbóreo arbustiva antropizada por pecuária extensiva.....	225
Figura 5.20. Caatinga parque antropizada por pecuária extensiva. Juazeiro, depressão do Tourão.....	226
Figura 5.21. Uso das águas do Rio São Francisco na agricultura irrigada (margem direita).....	228
Figura 5.22. Agricultura de sequeiro (milho e feijão) nas encostas mamelonares do barlavento do Tabuleiro de Tucano Norte.....	230
Figura 5.23. A agricultura de sequeiro é muito intensa em povoados da Depressão do Leste – barlavento do Tabuleiro de Tucano Norte.....	231
Figura 5.24. Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos, em parte naturais, em neossolos quartzarênicos da Formação Marizal; setor N do Tabuleiro de Tucano Norte.....	233
Figura 5.25. Espesso depósito aluvionar forma terraços ao longo do Rio Macururé. A caatinga arbóreo-arbustiva e florestada viceja sobre os sedimentos areno-argilosos e elaboram mata ciliar densa e sempre verde.....	234
Figura 5.26. Aguada na depressão do Leste, em pasto natural. Represa no riacho Baixa do Chico.....	236
Figura 5.27. Caatinga arbóreo-arbustiva recortada por lajedos. Caatinga parque com densa cobertura de capim panasco.....	237
Figura 5.28. Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação – 1973.....	244
Figura 5.29. Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação – 1990.....	244
Figura 5.30. Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação – 2001.....	245
Figura 5.31. Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação – 2016.....	245
Figura 5.32. Mapa de Altitude (m).....	252
Figura 5.33. Mapa de Curvas de Nível (m).....	253
Figura 5.34. Mapa de Declividade (%).....	257
Figura 5.35. Mapa de Relevô Sombreado.....	258
Figura 5.36. Mapa de Orientação.....	259
Figura 5.37. Mapa das Unidades Geomorfológicas.....	262
Figura 5.38. Mapa das Pastagens e da Capacidade de Suporte das Caatingas à Pecuária.....	272
Figura 5.39. Mapa da modelagem espacial do Uso das Terras - pecuária e agricultura.	274
Figura 5.40. Mapa da modelagem espacial dos Remanescentes de Vegetação.....	277
Figura 5.41. Mapa da modelagem espaço-temporal do NDVI - março 2001, 2006, 2011, 2016.....	280
Figura 5.42. Mapa da modelagem espaço-temporal do NDVI - agosto 2001, 2006,	280

2011, 2016.....	
Figura 5.43. Mapa da modelagem espaço-temporal do EVI - março 2001, 2006, 2011, 2016.....	281
Figura 5.44. Mapa da modelagem espaço-temporal do EVI - agosto 2001, 2006, 2011, 2016.....	281
Figura 5.45. Mapa da modelagem espacial fuzzy dos temas Declividade, Solos, Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação.....	287
Figura 5.46. Mapa das Unidades de Paisagem.....	290
Figura 5.47. Mapa da população rural, povoados, aguadas e barragens.....	295

Tabelas:

Tabela 2.1. Estado da desertificação no mundo.....	37
Tabela 2.2. Tipologia climática com base no Índice de Aridez.....	38
Tabela 2.3. Incidência de secas no estado da Bahia.	48
Tabela 2.4. Gênese Climática ou Ecológica da Desertificação.....	50
Tabela 2.5. Áreas-piloto para estudos de desertificação.....	51
Tabela 2.6. Definições de Bacias Hidrográficas.	57
Tabela 3.1. Unidades geológicas predominantes na RPGA-MC.....	71
Tabela 3.2. Modelos da evolução geomorfológica do Nordeste Brasileiro.....	72
Tabela 3.3. Síntese dos dados extremos do balanço hídrico no nordeste da Bahia e entorno.	77
Tabela 3.4. Tipos de Vegetação na RPGA-MC.....	78
Tabela 3.5. Unidades de Conservação na RPGA-MC.....	79
Tabela 3.6. Composição municipal e populacional da RPGA-MC.....	82
Tabela 3.7. Terras Indígenas localizadas na RPGA-MC.....	85
Tabela 3.8. Comunidades Quilombolas na RPGA-MC.	88
Tabela 3.9. Composição territorial da RPGA-MC.	90
Tabela 3.10. População por grupo de idade (%) – 2010.....	99
Tabela 3.11. Situação de escolaridade (número de matrículas) 2010.....	106
Tabela 3.12. Número de estabelecimentos agropecuários (percentuais) – 2006.....	115
Tabela 3.13. Área de estabelecimentos agropecuários (percentuais) – 2006.....	115
Tabela 3.14. Pessoal ocupado no mercado formal de trabalho por setor de atividade econômica.	117
Tabela 3.15. Distribuição da área e número de estabelecimentos ocupados por pastagens naturais (percentuais) – 2009.....	123
Tabela 3.16. Distribuição da área e número de estabelecimentos ocupados por pastagens plantadas em boas condições ou degradadas (percentuais) – 2009.....	123
Tabela 3.17. Lavouras forrageiras para corte (percentuais) – 2006.....	123
Tabela 3.18. Distribuição da área e número de estabelecimentos ocupados por lavouras temporária e permanente (percentuais) – 2006.....	124
Tabela 3.19. Distribuição da área e número de estabelecimentos ocupados por matas e/ou florestas naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais) e matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal (percentuais) – 2006.....	125
Tabela 3.20. Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais (percentuais) – 2006.....	125
Tabela 3.21. Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais,	126

pedreiras, etc.) e Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas, etc.) (percentuais) – 2006.	
Tabela 3.22. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Abaré. 2013 e 2003.....	128
Tabela 3.23. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Chorrochó. 2013 e 2003.....	128
Tabela 3.24. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Curaçá. 2013 e 2003.....	128
Tabela 3.25. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Glória. 2013 – 2003.....	129
Tabela 3.26. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Macururé. 2013 – 2003.....	130
Tabela 3.27. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Rodelas. 2013 – 2003.....	130
Tabela 3.28. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Jaguarari. 2013 – 2003.....	130
Tabela 3.29. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Juazeiro. 2013 – 2003.....	131
Tabela 3.30. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Paulo Afonso. 2013 – 2003.....	131
Tabela 3.31. Efetivo dos principais rebanhos na RPGA-MC – 2013.....	133
Tabela 3.32. População em situação de extrema pobreza – 2010.....	142
Tabela 3.33. População em situação de extrema pobreza por cor e escolaridade – 2010.....	143
Tabela 3.34. Total de famílias cadastradas por grupos especiais - Programa Bolsa Família. 2010.....	146
Tabela 3.35. Total de famílias beneficiadas por grupos especiais - Programa Bolsa Família. 2010.....	146
Tabela 3.36. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – 2010.....	147
Tabela 3.37. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal – 2013.....	152
Tabela 4.1. Contribuições conceituais a respeito da análise da paisagem.....	156
Tabela 4.2. Incidência do tema desertificação nos principais periódicos da área de sensoriamento remoto.....	168
Tabela 4.3. Procedimentos metodológicos para investigar a desertificação na RPGA-MC.....	172
Tabela 4.4. Banco de Dados aplicado ao estudo da RPGA-MC.....	174
Tabela 4.5. Classificação dos produtos gerados pelo Sensor MODIS.....	175
Tabela 4.6. Datas e parâmetros técnicos dos sensores remotos selecionados para o estudo da desertificação na RPGA-MC.....	176
Tabela 5.1. Períodos ideais para o estudo da desertificação na RPGA-MC por meio das imagens produzidas por sensores remotos Landsat, Modis e RapidEye.....	183
Tabela 5.2. Intervalos de classe utilizados para análise do NDVI e EVI – anos 2016, 2011, 2006, 2001.....	186
Tabela 5.3 - Datas selecionadas para o estudo do NDVI e do EVI.....	187
Tabela 5.4. Os índices de vegetação no dia 22 de março de 2001.....	191
Tabela 5.5. Os índices de vegetação no dia 06 de março de 2006.....	191
Tabela 5.6. Os índices de vegetação no dia 06 de março de 2011.....	192
Tabela 5.7. Os índices de vegetação no dia 05 de março de 2016.....	193

Tabela 5.8. Os índices de vegetação no dia 29 de agosto de 2001.....	200
Tabela 5.9. Os índices de vegetação no dia 29 de agosto de 2006.....	200
Tabela 5.10. Os índices de vegetação no dia 29 de agosto de 2011.....	201
Tabela 5.11. Os índices de vegetação no dia 28 de agosto de 2016.....	202
Tabela 5.12. Expansão ou retração sazonal do NDVI.....	215
Tabela 5.13. Expansão ou retração interanual do NDVI na estação chuvosa (%).....	215
Tabela 5.14. Expansão ou retração interanual do NDVI na estação seca (%).....	216
Tabela 5.15. Expansão ou retração sazonal do EVI.....	216
Tabela 5.16. Expansão ou retração interanual do EVI na estação chuvosa.....	217
Tabela 5.17. Expansão ou retração interanual do EVI na estação seca (%).....	217
Tabela 5.18. Composição das superfícies transformadas e remanescentes de vegetação na RPGA-MC – 2009.....	222
Tabela 5.19. Composição, por categoria, das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação – 2009.....	239
Tabela 5.20. Classes de superfícies transformadas e remanescentes de vegetação mapeadas nas imagens Landsat.....	242
Tabela 5.21. Composição das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação. Landsat - 1973, 1990, 2001, 2016 (percentuais).....	242
Tabela 5.22. Arranjo espacial municipal das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação.....	247
Tabela 5.23. Classes de Declividades (%) propostas por Crepani et al. (2001) e Ross (1994).....	256
Tabela 5.24. Classes de Declividade na RPGA-MC.....	256
Tabela 5.25. Estrutura Taxonômica dos Relevos na RPGA-MC.....	260
Tabela 5.26. Síntese fisiográfica das Unidades Geomorfológicas da RPGA-MC.....	263
Tabela 5.27. Mapas utilizados na Modelagem Espacial Geoambiental.....	268
Tabela 5.28. Modelagem Espacial Geoambiental.....	269
Tabela 5.29. Capacidade de suporte das caatingas à pecuária na RPGA-MC.....	272
Tabela 5.30. Modelagem espaço-temporal do Índice de Vegetação NDVI (<i>fuzzy</i> , gamma 7) 2001, 2006, 2011, 2016 - extensão territorial (km ²).....	278
Tabela 5.31. Modelagem espaço-temporal do Índice de Vegetação EVI (<i>fuzzy</i> , gamma 7) 2001, 2006, 2011, 2016 - extensão territorial (km ²).....	279
Tabela 5.32 - Membros <i>Fuzzy</i> Declividade.....	283
Tabela 5.33 - Membros <i>Fuzzy</i> Aspecto.....	284
Tabela 5.34 - Membros <i>Fuzzy</i> Solos.....	284
Tabela 5.35 - Membros <i>Fuzzy</i> Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação.....	284
Tabela 5.36 - Modelos-teste da Modelagem Espacial Geoambiental.....	285
Tabela 5.37. Critérios adotados para o mapeamento das Unidades de Paisagem, Capacidade de Suporte Ambiental e Áreas em Processo de Desertificação.....	287

Gráficos:

Gráfico 2.1. Comportamento temporal das precipitações no estado da Bahia.....	49
Gráfico 3.1. Densidade Demográfica – 2010.....	91
Gráfico 3.2. População Total – 2010 e estimada 2016.....	92
Gráfico 3.3. Evolução da População - Chorrochó, 1970 a 2010.....	93
Gráfico 3.4. Evolução da População - Curaçá, 1970 a 2010.....	93

Gráfico 3.5. Evolução da População - Glória, 1970 a 2010.....	94
Gráfico 3.6. Evolução da População - Macururé, 1970 a 2010.....	94
Gráfico 3.7. Evolução da População - Abaré, 1970 a 2010.....	95
Gráfico 3.8. Evolução da População - Rodelas, 1970 a 2010.....	95
Gráfico 3.9. Evolução da População - Canudos, 1970 a 2010.....	96
Gráfico 3.10. Evolução da População - Jaguarari, 1970 a 2010.....	96
Gráfico 3.11. Evolução da População - Jeremoabo, 1970 a 2010.....	96
Gráfico 3.12. Evolução da População - Uauá, 1970 a 2010.....	97
Gráfico 3.13. Evolução da População - Andorinha, 1970 a 2010.....	97
Gráfico 3.14. Evolução da População - Campo Formoso, 1970 a 2010.....	97
Gráfico 3.15. Evolução da População - Juazeiro, 1970 a 2010.....	98
Gráfico 3.16. Evolução da População - Paulo Afonso, 1970 a 2010.....	98
Gráfico 3.17. População por grupo de idade - Abaré. 2010.....	100
Gráfico 3.18. População por grupo de idade - Chorrochó. 2010.....	100
Gráfico 3.19. População por grupo de idade - Curaçá. 2010.....	100
Gráfico 3.20. População por grupo de idade - Glória. 2010.....	101
Gráfico 3.21. População por grupo de idade - Macururé. 2010.....	101
Gráfico 3.22. População por grupo de idade - Rodelas. 2010.....	101
Gráfico 3.23. População por grupo de idade - Andorinha. 2010.....	102
Gráfico 3.24. População por grupo de idade - Campo Formoso. 2010.....	102
Gráfico 3.25. População por grupo de idade - Canudos. 2010.....	102
Gráfico 3.26. População por grupo de idade - Jaguarari. 2010.....	103
Gráfico 3.27. População por grupo de idade - Jeremoabo. 2010.....	103
Gráfico 3.28. População por grupo de idade - Juazeiro. 2010.....	103
Gráfico 3.29. População por grupo de idade - Paulo Afonso. 2010.....	104
Gráfico 3.30. População por grupo de idade - Uauá. 2010.....	104
Gráfico 3.31. Taxa de alfabetização – 2010.....	105
Gráfico 3.32. Percentual de matrículas por nível de escolaridade – 2010.....	106
Gráfico 3.33. Situação de escolaridade – 2010.....	108
Gráfico 3.34. Estrutura Fundiária Abaré. 2006.....	110
Gráfico 3.35. Estrutura Fundiária Chorrochó. 2006.....	110
Gráfico 3.36. Estrutura Fundiária Curaçá. 2006.....	111
Gráfico 3.37. Estrutura Fundiária Glória. 2006.....	111
Gráfico 3.38. Estrutura Fundiária Macururé. 2006.....	112
Gráfico 3.39. Estrutura Fundiária Rodelas. 2006.....	112
Gráfico 3.40. Estrutura Fundiária Jaguarari. 2006.....	113
Gráfico 3.41. Estrutura Fundiária Juazeiro. 2006.....	113
Gráfico 3.42. Estrutura Fundiária Paulo Afonso. 2006.....	114
Gráfico 3.43. Utilização das terras - Abaré - 2006 (percentual).....	118
Gráfico 3.44. Utilização das terras - Chorrochó - 2006 (percentual).....	118
Gráfico 3.45. Utilização das terras - Curaçá - 2006 (percentual).....	119
Gráfico 3.46. Utilização das terras - Glória - 2006 (percentual).....	119
Gráfico 3.47. Utilização das terras - Macururé - 2006 (percentual).....	120
Gráfico 3.48. Utilização das terras - Rodelas - 2006 (percentual).....	120
Gráfico 3.49. Utilização das terras - Jaguarari - 2006 (percentual).....	121
Gráfico 3.50. Utilização das terras - Juazeiro - 2006 (percentual).....	121
Gráfico 3.51. Utilização das terras - Paulo Afonso - 2006 (percentual).....	122
Gráfico 3.52. Número e área dos estabelecimentos agropecuários em relação à	126

agricultura familiar (percentuais) 2006.....	
Gráfico 3.53. Efetivo de rebanhos – Abaré.....	134
Gráfico 3.54. Efetivo de rebanhos – Chorrochó.....	134
Gráfico 3.55. Efetivo de rebanhos – Curaçá.....	135
Gráfico 3.56. Efetivo de rebanhos – Glória.....	135
Gráfico 3.57. Efetivo de rebanhos – Macururé.....	136
Gráfico 3.58. Efetivo de rebanhos – Rodelas.....	136
Gráfico 3.59. Efetivo de rebanhos – Jaguarari.....	137
Gráfico 3.60. Efetivo de rebanhos – Juazeiro.....	137
Gráfico 3.61. Efetivo de rebanhos - Paulo Afonso.....	138
Gráfico 3.62. Efetivo de rebanhos – 2013.....	138
Gráfico 3.63. Produção de leite de vaca (mil litros).....	139
Gráfico 3.64. Produção de mel de abelha (quilos).....	140
Gráfico 3.65. Produção de ovos de galinha (mil dúzias).....	140
Gráfico 3.66. Quantidade produzida de leite de cabra (litros) – 2006.....	141
Gráfico 3.67. Produto Interno Bruto Per Capita (R\$1,00) – 2012.....	142
Gráfico 3.68. Total de famílias cadastradas - Programa Bolsa Família.....	144
Gráfico 3.69. Total de famílias beneficiadas - Programa Bolsa Família.....	144
Gráfico 3.70. População beneficiada - Programa Bolsa Família – 2015.....	145
Gráfico 3.71. Coeficiente de Gini da renda dos responsáveis pelo domicílio - 2010, 2000, 1991.....	147
Gráfico 3.72. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM - 2010, 2000, 1991.....	148
Gráfico 3.73 Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal – 2013.....	149
Gráfico 3.74. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal – 2012.....	150
Gráfico 3.75. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal – 2010.....	150
Gráfico 3.76. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal – 2008.....	151
Gráfico 3.77. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal – 2006.....	151
Gráfico 5.1. Distribuição do NDVI no período seco (% de áreas atingidas).....	209
Gráfico 5.2. Distribuição do EVI no período seco (% de áreas atingidas).....	210
Gráfico 5.3. Distribuição do NDVI no período úmido (% de áreas atingidas).....	213
Gráfico 5.4. Distribuição do EVI no período úmido (% de áreas atingidas).....	213
Gráfico 5.5. Composição areal das superfícies transformadas e remanescentes de vegetação na RPGA-MC, (%) – 2009.....	224
Gráfico 5.6. Composição areal das superfícies transformadas na RPGA-MC, (%) – 2009.....	240
Gráfico 5.7. Composição areal dos remanescentes de vegetação na RPGA-MC, (%) – 2009.....	241
Gráfico 5.8. Evolução das principais superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação - Landsat - 1973, 1990, 2001, 2016 - (%).....	246
Gráfico 5.9. Composição dos Relevos na RPGA-MC (%).....	261
Gráfico 5.10 - Unidades de Paisagem na RPGA-MC (%).....	289



Lista de Siglas

AGCM - Modelo de Circulação Geral da Atmosfera
 ASA - Articulação do Semiárido Brasileiro
 CEMADEM - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais/Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
 CEPED - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento
 CG - Coeficiente de Gini
 CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
 CONSLAD - Conferência Nacional e o Seminário Latino-Americano da Desertificação
 COP - Conferência das Partes
 CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
 CPTEC-INPE - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
 CSA - Capacidade de Suporte Ambiental
 DER-Bahia - Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia
 DeSurvey - *A Surveillance System for Assessing and Monitoring of Desertification*
 DNPM - Departamento Nacional de Pesquisa Mineral
 DNT - Degradação Neutra das Terras
 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
 EVI - *Enhanced Vegetation Index*
 FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
 FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
 FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
 GEF- FAO - *Global Environment Facility*
 GLASOD - *Global Assessment of Soil Degradation*
 GPS - Sistema de Posicionamento Global
 Ha - Hectare
 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
 IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
 INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
 INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
 INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
 INSA - Instituto Nacional do Semiárido
 IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
 ISRIC - *Soil and Information Centre*
 LADA - *Land Degradation Assessment in Drylands*
 MAPBIOMAS - Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil
 MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação
 MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário
 MDS - Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome
 MDE - Modelo Digital de Elevação
 MDT - Modelo Digital do Terreno
 MMA- Ministério do Meio Ambiente
 MS - Ministério da Saúde
 NASA - *National Aeronautics and Space Administration*
 NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*

ONU - Organização das Nações Unidas
PACD - Plano de Ação para o Combate à Desertificação
PAE-BAHIA - Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PAN-BRASIL - Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação
PIB - Produto Interno Bruto
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PBF - Programa Bolsa Família
PPGM - Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente
SEMA - Secretaria Especial do Meio Ambiente
SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia
SIG - Sistema de Informações Georeferenciadas
SIG-BAHIA - Sistema de Informações Georeferenciadas sobre Recursos Hídricos – Bahia
SIGMINE - Sistema de Informações Geográficas da Mineração/DNPM
SRH - Superintendência de Recursos Hídricos
SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*
TSM - Temperatura da Superfície do Mar
UFBA - Universidade Federal da Bahia
UEFS - Universidade Estadual de Feira de Santana
UNCCD - Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas
UNEP - United Nations Environment Programme
URAD - Estratégia de Recuperação de Áreas Degradadas e Redução à Vulnerabilidade as Mudanças Climáticas
UTM - Universal Transversa de Mercator



ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	27
2	ESTADO DA QUESTÃO	32
2.1	Desertificação: a emergência de um conceito	32
2.2	Causas inerentes à Desertificação	35
2.3	Principais áreas afetadas por desertificação no mundo	41
2.3.1	A desertificação no continente Sul-Americano	45
2.3.1.1	A desertificação no Brasil	47
2.4	A Bacia Hidrográfica: unidade espacial para a gestão da água	56
2.4.1	Bacias hidrográficas: definições e conceitos	57
2.4.2	A política de gestão de bacias hidrográficas no Brasil	58
2.4.2.1	Lei nº 9.433/97: Lei das Águas	59
2.4.2.2	Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-Bahia	61
2.4.3	A política de gestão ambiental na transversalidade com a desertificação	62
3	A ÁREA DE ESTUDO	65
3.1	O domínio morfoclimático semiárido do Nordeste do Brasil	65
3.2	A RPGA-MC: a base física	68
3.2.1	A Litologia	68
3.2.2	O Relevo	72
3.2.3	O Clima	75
3.2.4	A Vegetação	77
3.2.5	Os Solos	79
3.3	A RPGA-MC: a diversidade socioeconômica	82
3.3.1	Povos e Comunidades Tradicionais no Nordeste da Bahia	84
3.3.1.1	Os Povos Indígenas	85
3.3.1.2	Os Fundos de Pasto	86
3.3.1.3	Os Quilombolas	87
3.3.2	População e economia na produção do espaço da RPGA-MC	89
3.3.2.1	Características sociais	89
3.3.2.2	Estrutura etária	99
3.3.2.3	Escolaridade	104
3.3.2.4	Estrutura fundiária	109
3.3.2.5	Atividades econômicas	116
3.3.2.6	O uso das terras	117
3.3.2.7	Os cultivos	127
3.3.2.8	Os rebanhos	133
3.3.3	O perfil socioeconômico regional	141
4	MÉTODOS, MATERIAIS E TÉCNICAS	153
4.1	A paisagem na análise ambiental	153
4.1.1	Paisagem: um conceito colocado em prática	157
4.1.2	Capacidade de Suporte na avaliação da paisagem	159
4.2	O emprego de indicadores no estudo da desertificação	164
4.3	Métodos e técnicas no estudo da desertificação	168
4.3.1	Procedimentos metodológicos: geotecnologias aplicadas aos estudos de desertificação	171
4.4	Os Materiais e as técnicas	173

4.4.1	Banco de dados, sensores remotos e a seleção de imagens para o estudo da desertificação	173
4.4.2	Processamento Digital das Imagens	177
4.4.3	Modelagem espacial geoambiental	178
4.4.4	Os trabalhos de campo	180
5	RESULTADOS	182
5.1	Análise multitemporal dos Índices de Vegetação	184
5.1.1	Comportamento interanual e sazonal do NDVI e do EVI	186
5.1.2	A paisagem na estação chuvosa	189
5.1.3	A paisagem na estação seca	198
5.1.4	Secas e Chuvas – os efeitos de uma dinâmica pendular	207
5.1.5	Efeitos da sazonalidade anual e interanual sobre a vegetação na RPGA-MC	214
5.2	Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	218
5.2.1	Superfícies transformadas e remanescentes de vegetação na RPGA-MC, mapeadas a partir das imagens do sensor Rapideye - 2009	219
5.2.1.1	Superfícies Transformadas	225
5.2.1.2	Remanescentes de Vegetação	237
5.2.1.3	Composição, por categoria, das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação	239
5.2.2	Superfícies transformadas e remanescentes de vegetação mapeadas a partir das imagens do sensor landsat - 1973, 1990/92, 2001, 2016	241
5.3	As variáveis topográficas: Morfografia, morfometria e morfodinâmica ..	248
5.3.1	Conjuntos e padrões de relevos	251
5.3.2	Morfometria do relevo e Unidades Geomorfológicas	260
5.3.2.1	Depressões	265
5.3.2.2	Tabuleiro de Tucano Norte	266
5.3.2.3	Planaltos Cársticos	267
5.3.2.4	Morros e Colinas	267
5.3.2.5	Serras e Maciços Residuais, Patamar, Platô e Meseta	267
5.4	Modelagem Espacial Geoambiental	268
5.4.1	O uso das terras	269
5.4.2	Os remanescentes de vegetação	276
5.4.3	Os índices de vegetação NDVI e EVI	277
5.4.4	Os componentes da paisagem, superfícies transformadas e remanescentes de vegetação	283
5.4.5	Unidades de Paisagem e Áreas em Processo de Desertificação	287
6	CONCLUSÕES	296
	Referências Bibliográficas	302

1 INTRODUÇÃO

A Região de Planejamento e Gestão das Águas dos rios Macururé e Curaçá — RPGA-MC — constitui o recorte espacial e geográfico para o estudo das terras secas e da desertificação dos sertões do NE do Estado da Bahia. É formada por um conjunto de sub-bacias hidrográficas localizadas à margem direita do sub-médio curso do Rio São Francisco, a mais importante bacia hidrográfica, dentre as totalmente inseridas em território brasileiro.

A bacia do São Francisco se estende por 640.000 km² de superfícies drenadas por uma densa rede de rios e riachos. O canal principal alcança 2700 km de comprimento, da nascente, na Serra da Canastra, sudeste do Brasil, até a foz, na divisa entre os estados de Sergipe e Alagoas. Ao desaguar no oceano Atlântico, o São Francisco, ou Velho Chico, como identificado pelos ribeirinhos, percorre paisagens muito distintas de cerrados e caatingas, e leva água para o sertão semiárido da Bahia e estados vizinhos.

Com 27.186,89 km², a RPGA-MC, é o território formado por 6 sub-bacias principais — Macururé, Curaçá, Tourão, Poção, Vargem e Baixa do Chico — e corresponde a apenas 4,25% da área total da bacia do rio São Francisco. É uma das regiões mais secas, menos povoadas e menos dinâmicas da Bahia, mas, é também, onde se encontram importantes remanescentes do Bioma Caatinga, único no planeta.

Em relação aos aportes hídricos, não possui uma contribuição relevante, visto ser um domínio hidrográfico totalmente intermitente, e estar sujeito a secas severas e recorrentes. Porém, as águas do São Francisco, constituem o maior patrimônio ambiental para milhares de pessoas que habitam estes sertões secos. Assim, está entre as mais estratégicas regiões hidráulicas do nordeste brasileiro e, a cada dia, se revaloriza enquanto uma das mais importantes para a gestão governamental dos recursos hídricos e energéticos do país. Áreas junto a calha do rio encontram-se, em parte, altamente tecnificadas e inseridas nos circuitos da economia nacional e global. Áreas afastadas, estão sujeitas à exclusão.

A atual conjuntura política do país, em meio a uma grave crise de legitimidade, tem aprofundado o sucateamento das instituições e dos organismos responsáveis pelas questões relacionadas ao ambiente. Temas como diagnóstico, licenciamento, monitoramento e fiscalização ambiental estão no foco das intervenções. O Ministério do Meio Ambiente, instância máxima na esfera governamental, sofreu um corte de 51% no orçamento de 2017, decisão esta que deverá se propagar para as esferas estaduais e municipais. As consequências advindas são inquestionáveis e colocará todos os sistemas ambientais do país em risco. Abrirá mais espaço para a ocupação de áreas biodiversas e de alto valor ambiental, bem como, de regiões hídricas estratégicas.

A degradação e a desertificação certamente serão ampliadas diante deste cenário. Fruto da ação seletiva e pontual do Estado e de uma sociedade majoritariamente omissa, ou impotente quanto às desigualdades econômicas e sociais do país, é um processo que continuará à margem dos poderes decisórios e à deriva do bem-estar social. Seu estudo requer uma ampla compreensão sistêmica, que desafie o interesse e a dedicação ao tema.

São vários os trabalhos já realizados, as investigações de campo, as discussões. São inúmeras as dúvidas e ainda persistem muitas inconsistências que estimulam a que se debruce, mais uma vez, sobre o tema, e se busquem alternativas que possam desacelerar o processo e viabilizar a sustentabilidade das populações que habitam os sertões.

A riqueza cênica da natureza nos ambientes semiáridos desperta para um universo ímpar. Os conhecimentos frente aos desequilíbrios ambientais, aos descompassos entre as necessidades do homem moderno e as temporalidades da natureza, incitam a aprofundar a reflexão e a definir por uma linha de pesquisa — a geomorfologia no seu viés socioambiental — que demonstra o quão é importante o papel da geografia física para a sociedade e para a própria ciência geográfica.

A degradação ambiental é, portanto, o problema central a ser investigado nesta tese, tendo por pressuposto, que os processos degradacionais são uma resposta às transformações decorrentes da relação desigual, entre a sociedade e os espaços naturais, e à ação seletiva e pontual do Estado. As consequências derivadas são o decréscimo nos índices socioeconômicos, com pauperização das populações; falência dos recursos ambientais, sobretudo, hídricos; e redução e perda de biodiversidade. A RPGA-MC tem sido, desta forma, conduzida à desertificação e à cenários geográficos excludentes.

Presume-se, portanto, que existe um conjunto multifacetado de desequilíbrios socioambientais, construídos sob máxima exploração, apropriação, usos e manejos insustentáveis, que, em meio a uma região ecogeográfica frágil, está produzindo degradação ambiental. A RPGA-MC vem sendo conduzida, progressivamente, para uma situação de exclusão. Este é o contexto, a matriz, que gera os processos de desertificação que estão em curso na região.

O semiárido é uma natureza diferente, misto de paisagens de extrema delicadeza, quando os invernos são fartos em chuvas, a paisagens rudes, onde as terras se exaurem e expõem chãos de asperezas inimagináveis, quando da chegada das secas. À essa dupla condição ecológica se somam populações de forte expressão cultural, que sabem conviver com estas multiplicidades, sem perder o caráter, simultaneamente forte e doce do sertanejo. Em geral sobrevivem com muito pouco, dada as injustiças sociais que lhes acompanham geração após geração. Terras de exclusão.

Este cenário motiva estudar o semiárido e buscar entender seus contornos, suas possibilidades e vulnerabilidades. A desertificação, que aos olhos dos sertanejos é a terra improdutiva “*que não serve pra nada*” pode ser evitada e possibilitar que homens e mulheres retirem dessas terras, bens de valor que lhes mantenham a vida, que lhes autossustentem, para assim permanecerem. Esse pertencimento deve ser preservado; migração ambiental é sinônimo de injustiça social, não deveria jamais existir.

A região nordeste da Bahia é onde se manifestam os piores índices de aridez do estado. As precipitações são muito concentradas — descem a 300mm anuais e não ultrapassam os 800mm — e a intensa evapotranspiração exaure rapidamente os aportes pluviais. Conviver com este cenário exige superar e recriar, constantemente, alternativas para mitigar uma série de limitações decorrentes desta insuficiência hídrica.

É neste espaço que está localizada a área de estudo definida para esta tese, um conjunto de sub-bacias da margem direita do São Francisco. No Norte faz limite com o rio São Francisco que limita a Bahia e o estado de Pernambuco; no Leste, Alagoas e Sergipe; no Oeste, a RPGA do rio Salitre; e no Sul as RPGAs dos rios Itapicuru, Vaza-Barris e riacho do Tará. O par de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) 319.799 / 9.058.133 e 609.716 / 8.865.053 enquadram esta região de águas (Figura 1.1).

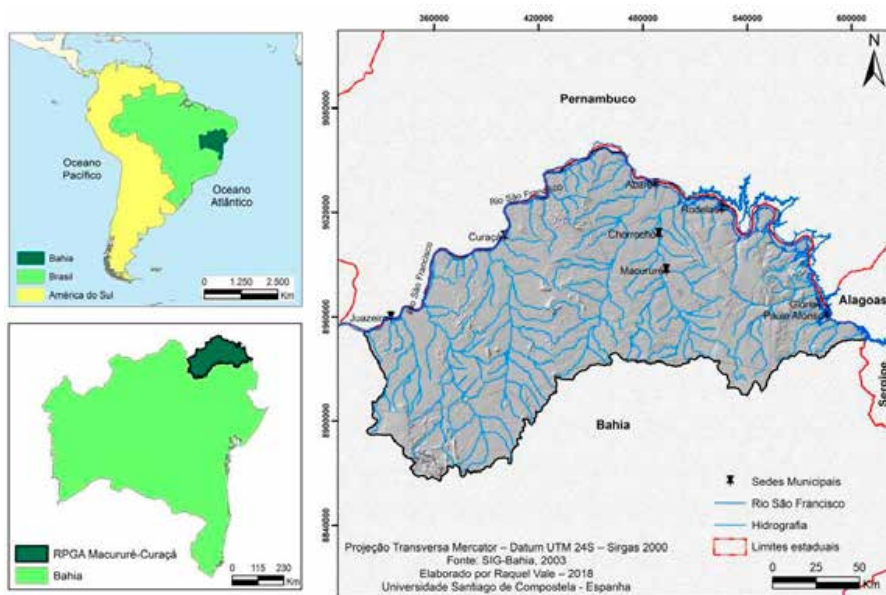


Figura 1.1 - Mapa de localização da região de Planejamento e Gestão das Águas dos rios Macururé e Curaçá

Optar por uma Região de Planejamento e Gestão das Águas para realizar o estudo da desertificação, parte da compreensão de que este é o mais adequado recorte espacial para os estudos socioambientais, visto melhor comportar as relações entre homens, mulheres e o seu entorno, ou seja, a natureza e seu patrimônio ambiental geradores das bases mínimas necessárias para a sobrevivência das populações locais. Por um lado, os limites naturais dados por interflúvios, de certo modo, ao “confinar” um espaço natural, propicia a criação de laços de pertencimento mais estreitos. As populações que os habitam o revelam por meio de hábitos e costumes culturais, por mútuas solidariedades, e por deter o conhecimento do que é este espaço, onde e quando os seus recursos ambientais estão disponíveis.

Na mesma perspectiva, porém, com conotação técnica e científica, a bacia hidrográfica é a unidade espacial sistêmica adotada tanto na esfera estadual quanto federal para fins de planejamento e gestão territorial das águas, não só aqui, mas também em países Latino-Americanos e Europeus. Nesse sentido, várias RPGAs do semiárido baiano poderiam ser escolhidas, porém, a RPGA-MC apresenta características que a destacam dentre as demais:

1. Está inserida em Área Piloto para Estudos de Desertificação¹
2. Está localizada na região mais seca da Bahia, com precipitações médias anuais entre 400 e 800mm²
3. Apresenta incidência de seca entre 60 e 100%³
4. Apresenta susceptibilidade *muito elevada* para desenvolver desertificação³
5. Está inserida em *corredor ecológico*⁴
6. É área prioritária, entre *muito alta e extremamente alta*, para conservação da biodiversidade³
7. Está adjacente ao Núcleo de Desertificação de Cabrobó³
8. Agrega um conjunto de sub-bacias para gestão dos recursos hídricos, elétrico e agrícola do sub-médio Rio São Francisco⁵.

Diante deste contexto foi estabelecido como objetivo geral desta tese:

- ✓ Identificar a natureza da degradação ambiental na RPGA-MC e avaliar se existem indicadores suficientes que a categorizem como Núcleo de Desertificação.

Para tanto, estes se desdobraram em objetivos específicos:

- ✓ Realizar revisão bibliográfica acerca dos pressupostos que fundamentam o *problema* a ser investigado — i) conceitos relacionados à degradação ambiental; ii) o processo de desertificação; iii) os métodos e técnicas de avaliação do processo.
- ✓ Analisar os parâmetros físicos, biológicos e socioeconômicos da RPGA-MC para identificar e avaliar os processos de degradação ambiental dominantes e seu potencial para desenvolver desertificação.
- ✓ Elaborar mapas multitemporais dos índices de vegetação.
- ✓ Elaborar mapas multitemporais das superfícies transformadas e remanescentes de vegetação.
- ✓ Elaborar o mapa das unidades geomorfológicas.
- ✓ Identificar e avaliar os condicionantes do relevo que concorrem para o desenvolvimento do processo de degradação e desertificação.
- ✓ Avaliar a relação entre desmatamento/solo exposto/remanescentes da cobertura vegetal, frente aos processos de degradação ambiental.
- ✓ Realizar análise estatística.
- ✓ Mapear as Unidades de Paisagem.
- ✓ Avaliar a capacidade de suporte das Unidades de Paisagem.
- ✓ Avaliar as potencialidades e as restrições das Unidades de Paisagem para as atividades humanas.
- ✓ Identificar e avaliar os processos de desertificação.

Esta tese segue uma estrutura temática organizada em capítulos e subcapítulos, que visam proporcionar uma sequência lógica do pensamento e sua condução ao longo das

¹ Brasil. PAN-BRASIL, 2005.

² Bahia. SEI, 2003.

³ Brasil. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. MMA, 2007.

⁴ Portaria nº 131, de 28 de abril de 2006.

⁵ Palma, E. G. A. 2017 e 2014

etapas investigativas. Desta forma, a parte inicial da pesquisa foi dedicada a ampliar os conhecimentos necessários para se atingir os objetivos propostos e contou com revisão literária e cartográfica. O embasamento teórico e conceitual relativo aos elementos centrais da desertificação foi adquirido e proporcionou direção metodológica à pesquisa. Foram avaliados os conceitos e definições de *Paisagem* e de *Indicadores de Desertificação* para embasar e definir os procedimentos metodológicos, os quais, versaram acerca dos métodos e técnicas aplicados aos estudos da desertificação e, em particular, à RPGA-MC. Também foram apresentados e discutidos os conceitos de *Bacia Hidrográfica* e a *Política de Gestão de Bacias e de Águas* adotadas no Brasil e na Bahia.

Em seguida, foi realizada a caracterização da Área de Estudo, onde foram selecionados dados abióticos, bióticos, sociais e econômicos. A análise estatística foi utilizada para avaliar a situação socioeconômica da região.

Na sequência, foram definidos os procedimentos metodológicos, e levantadas e obtidas as imagens de sensores remotos necessárias para os mapeamentos temporais e multitemporais. Os processamentos executados possibilitaram obter os mapas multitemporais dos índices de vegetação e das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação, bases cartográficas para discutir os sistemas e, em parte, os agentes organizadores do espaço. Do modelo digital do terreno do SRTM/NASA foi extraída a morfometria do relevo para a construção do Mapa das Unidades Geomorfológicas. Estes mapas possibilitaram identificar relações causais entre o relevo, as atividades produtivas, os remanescentes de vegetação, e os processos de desertificação.

As etapas precedentes proporcionaram alcançar a fase mais analítica da tese, que compreendeu integrar os dados e criar modelos espaciais, em ambiente de Sistemas de Informações Georreferenciadas; interpretar os resultados, e avaliar os danos, a degradação ambiental e os processos de desertificação observados na RPGA-MC. Mapas de síntese, tabelas, gráficos e fotografias foram os principais produtos cartográficos alcançados.

A última etapa foi dedicada a avaliar as hipóteses iniciais, em especial a tendência evolutiva das paisagens da RPGA-MC, natural ou adquirida, para desenvolver processos de desertificação. As principais conclusões foram apresentadas e recomendações foram apontadas.

Trabalhos de campo foram realizados para validar e dar suporte às análises estatísticas, à fotointerpretação e à modelagem espacial, com observação direta das paisagens, feições ecológicas naturais ou antropomórficas, bem como, para a interlocução com as populações locais. A ênfase recaiu para os danos e degradações ambientais, bem como, para os processos de desertificação.



2 ESTADO DA QUESTÃO

2.1 Desertificação: a emergência de um conceito

Quando são ultrapassados os limites de sustentabilidade de produção das terras secas são criadas as condições para que a desertificação se instale — um processo de natureza antrópica que gera consequências desastrosas nos sistemas ambientais, econômicos e sociais. Os estudos sobre este processo são ainda recentes, somam pouco mais de sessenta anos, são descontínuos e marcados por pouco consenso entre as partes. O que se pretende nesse capítulo é apresentar os mais destacados estudos sobre a desertificação e suas múltiplas fronteiras dentro e fora da Geografia, para lançar luzes sobre o tema e subsidiar os caminhos, conceituais e metodológicos, que esta pesquisa trilhará.

Terras degradadas, exauridas e abandonadas acompanham o processo de ocupação dos continentes desde tempos remotos (Dotterweich, 2013). Esta condição de degradação, esgotamento produtivo das terras e erosão foi descrita pela primeira vez pelo ecólogo Albert Abreuville, referindo-se às feições de deserto, com erosão e déficit hídrico dos solos, derivadas do desmatamento de áreas úmidas no oeste da África (Aubreville, 1949; Dregne, 1987). Anos mais tarde, o XVIII Congresso Internacional de Geografia, organizado pela União Geográfica Internacional, em 1956 no Rio de Janeiro, um dos eventos que marcaram a análise científica da desertificação no âmbito da Geografia, criou a Comissão Especial para Estudos da Desertificação e Terras Áridas (Conti, 2006; apud Silva, 2006).

Entre os anos de 1929 e 1932, a região do Meio-oeste dos Estados Unidos, intensamente explorada por agricultura e pecuária, passou por uma forte seca acompanhada de tempestades de poeira. Esta enorme *dust bowl* atingiu 380.000 km² nos estados de Oklahoma, Kansas, Novo México e Colorado, e tal fenômeno foi interpretado como sendo desertificação. Na África, eventos de seca extrema na região que bordeja o deserto do Saara — o Sahel — entre 1967 e 1970, denominados desertificação, provocaram a morte de mais de 200.000 pessoas, degradação ambiental e forte migração. Em 2012, foram 15 milhões de pessoas; destas, um milhão eram crianças (ONU/BR, 2012).

Eventos de secas extremas têm afetado principalmente as regiões do Chifre da África e do Sahel, Estados Unidos, México, Brasil, partes da China e da Índia, Rússia e o sudeste da Europa. Além disso, 168 países afirmam ser afetados pela desertificação. Desde 1950, as terras secas aumentaram quase 2% em todo o mundo, por década, segundo os chefes da Organização Meteorológica Mundial, da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura e da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (ONU/BR, 2013). As secas periódicas que assolam tanto o Sahel (Brooks, 2004; Nicholson et al., 1998; Leroux, 1995; Nicholson, 1981) quanto, o nordeste do Brasil, têm origem na circulação atmosférica sobre a região (Costa, 2012; Girão, 2012; Marengo et al., 2011; Tanajura, 2010; Marengo, 2008; Mendonça & Danni-Oliveira, 2007; Marengo & Valverde, 2007; Conti, 2005; Ferreira, 2005; Marengo & Oliveira, 1998; Nimer, 1977; Monteiro, 1968). No entanto, não há como negar que a

insustentabilidade das atividades humanas é também um importante vetor de geração das terras desertificadas, tese corroborada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que avalia que a região semiárida do nordeste brasileiro é uma das mais vulneráveis aos efeitos das alterações climáticas em curso (Schneider & Sarukhan, 2001; Parry et al., 1988; Gasques et al., 1992, apud Toni & Holanda Jr., 2008) e, desta forma irá reduzir ainda mais a sustentabilidade das populações rurais.

Durante a Conferência sobre Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972, com a participação de 113 países, estas inquietações passaram, de fato, a ocupar a agenda institucional. Foram discutidos temas relacionados ao crescimento demográfico, ao esgotamento dos recursos naturais — especialmente o petróleo — e poluição da atmosfera, da água e do solo, sobretudo química, derivada de processos industriais. O mais importante documento gerado por Estocolmo, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), deu início a um diálogo internacional sobre meio ambiente e recursos naturais. As discussões emanadas dessa conferência foram tão significantes que a questão ambiental ganhou as ruas e em vários momentos a sociedade civil manifestou-se publicamente em defesa da natureza.

Em Estocolmo, o Brasil foi um dos países mais criticados por adotar um modelo de desenvolvimento que deixava em segundo plano a questão ambiental, quando não a desconsiderava totalmente. O jargão “a pior poluição é a da miséria”, foi amplamente utilizado para atrair investimentos e para desqualificar o discurso ambientalista. Apesar de tudo, as pressões externas e internas levaram o governo federal a criar a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), em outubro de 1973. À SEMA caberia a atribuição de propor ações relativas à conservação do meio ambiente e uso racional dos recursos naturais. Cabe enfatizar que o Estado brasileiro, através da instituição de órgãos públicos voltados para a definição de uma política ambiental, pretendeu, na verdade, viabilizar a entrada de investimentos estrangeiros e calar a opinião pública. Passava ao largo medidas estruturantes para mudar os rumos da crítica situação ambiental no país.

Em 1977, Nairóbi, na África, sediou a 1ª Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (ONU, 1977). Nesta oportunidade os países presentes firmaram o primeiro conceito para o processo de desertificação:

Desertification is the diminution or destruction of the biological potential of the land, and can lead ultimately to desert-like conditions. It is an aspect of the widespread deterioration of ecosystems, and has diminished or destroyed the biological potential, i.e. plant and animal production, for multiple use purposes at a time when increased productivity is needed to support growing populations in quest of development.

Em 1990, também em Nairóbi este conceito foi reformulado para:

Desertification/Land Degradation, in the context of assessment, is Land Degradation in Arid, Semi-arid and Dry Sub-humid Areas resulting from adverse human impact. Land in this concept includes soil and local water resources, land surface and vegetation or crops. Degradation implies reduction of resource potential by one or a combination of processes acting on the land. These processes include water erosion, wind erosion and sedimentation by

those agents, long-term reduction in the amount or diversity of natural vegetation, where relevant, and salinization and sodication.

Em 1992 a cidade do Rio de Janeiro recebeu a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, com a participação de 178 Estados-nação e, pela primeira vez, as organizações não governamentais. A Rio-92 estabeleceu uma discussão em torno do binômio conservação ambiental e desenvolvimento, pautado nos conceitos de desenvolvimento sustentável e de segurança ambiental global (Ribeiro, 2001). Esta conferência resultou na promoção de uma enorme expectativa em relação à preservação ambiental, definindo uma Agenda de compromissos, a Agenda 21, cujos objetivos propõem uma sociedade planetária sustentável. Acenou com possibilidades, julgadas concretas, de mudanças de rumos e de atitudes, no sentido do bem-estar social coletivo. No entanto, passados tantos anos, não se constata avanços, mas em verdade retrocessos. As conferências Rio+5 e Rio+10 frustraram expectativas; a discussão não avançou. Compromissos anteriormente acordados foram rompidos unilateralmente e ansiosas adesões não se concretizaram. Os avanços em ciência e tecnologia, que permitiriam mudanças na matriz tecnológica industrial, foram bastante modestos; o tratado de Kyoto não contou com a esperada adesão dos Estados Unidos; o desmatamento da floresta Amazônica ainda é fato, apesar de refluir episodicamente. Assim, os primeiros anos do século XXI demonstraram que, concretamente, foram mínimas as atitudes em favor da preservação do planeta.

A Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas, UNCCD, realizada em Paris (ONU, 1994), ratificada por 191 países, estabeleceu, a partir de inúmeras contribuições, o conceito de desertificação, que é universalmente aceito e aplicado a situações severas de degradação do solo. Tais níveis de degradação são definidos como "perda de produtividade biológica e econômica da terra".

Desertification is land degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid areas resulting mainly from adverse human impact."

Em outras palavras, Desertificação é a "degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, como resultado da ação de fatores diversos, com destaque para as variações climáticas e as atividades humanas" (PAN-Brasil, p. 4, 2004).

Em 1994 o Brasil se tornou signatário da UNCCD, e nesse mesmo ano, durante a reunião da UNCCD em Paris, foi criado simbolicamente o Dia Mundial de Luta Contra a Desertificação e a Seca — 17 de junho —, enquanto em Fortaleza/Brasil acontecia a Conferência Nacional e o Seminário Latino-Americano da Desertificação (CONSLAD) onde foram apresentados os estudos sobre a desertificação no nordeste do Brasil realizados pelo "Núcleo Desert", da Universidade Federal do Piauí, os quais subsidiaram a redação e a negociação do "Anexo Regional da América Latina" sobre desertificação. Este documento favoreceu a inserção da América Latina na UNCCD e abriu perspectivas para que o Norte do Mediterrâneo e Ásia também formassem seus próprios anexos (Campello, 2006). A CONSLAD publicou os mapas de "Ocorrência da Desertificação no Nordeste do Brasil" (Ferreira et al., 1996) e o "Zoneamento das Áreas em Processo de Degradação Ambiental no Trópico Semiárido Brasileiro" (Sá et al., 1996).

O governo brasileiro depositou o Instrumento de Ratificação da “Convenção Internacional de Combate à Desertificação nos Países Afetados por Seca Grave e/ou Desertificação, Particularmente na África”, em 25 de junho de 1997, passando então a vigorar, para o Brasil, em 24 de setembro de 1997. Também em 1997 instituiu a Política Nacional de Controle da Desertificação, aprovada pela Resolução nº 238, de 22/12/97, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL/CONAMA, 1997). Desde então, têm sido tomadas medidas para o controle da desertificação, que culminou com a criação do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação, PAN-Brasil, (BRASIL, 2004). A ONU instituiu 2006 como Ano Internacional dos Desertos e da Desertificação com o propósito de sensibilizar o mundo acerca do processo e incentivar o seu controle.

2.2 Causas inerentes à Desertificação

A UNCCD é o instrumento legal que trata exclusivamente do problema da degradação da terra ou desertificação em áreas rurais localizadas nas terras secas — zonas com climas árido, semiárido e sub-úmido a seco. Lamentavelmente, somente 20, dos 191 países signatários, implantaram e levaram adiante planos nacionais de combate à desertificação e quase não houve doações em recursos financeiros por parte dos países desenvolvidos, como se projetava (BRASIL, 2012). A situação das terras secas em 1977, segundo a UNCCD, baseada em vários estudos realizados em diferentes partes do mundo, por indivíduos, instituições científicas e agências relevantes, dentro e fora do sistema das Nações Unidas, avaliam que:

- De acordo com a relação solo/vegetação, as terras secas somam 6,5 bilhões de hectares, ou 43% das terras emergsas. De acordo com dados climáticos, constitui 5,6 bilhões de hectares, ou 37%.
- Áreas ameaçadas, pelo menos moderadamente, pela desertificação dentro das terras áridas, são 4,0 bilhões de hectares, ou 75% do total das terras secas, exceto os desertos hiperáridos.
- Mais de 100 países estão afetados pela desertificação.
- Mais de 15% da população mundial habita zonas áridas.
- 78,5 milhões de pessoas estão submetidas à desertificação grave.
- Taxa anual de degradação do solo (em zonas áridas e semiáridas) em milhões de hectares: terras irrigadas - 0,125; áreas de cultivo de sequeiro – 2,5; pastagens - 3,2; total - 5,825.
- Perda anual da capacidade produtiva (receita) US\$ 26 bilhões.
- Um programa de vinte anos em todo o mundo para deter a desertificação requer cerca de US\$ 4,5 bilhões por ano, ou US\$ 90 bilhões no total, dos quais os países que necessitam de assistência financeira em desenvolvimento exigiriam US\$ 2,4 bilhões por ano, ou US\$ 48 bilhões para 20 anos.

A avaliação geral do *status* e tendência de desertificação realizada pelo PNUMA e publicada em 1984 reafirmam e atualizam os dados de 1977:

- A escala e a urgência do problema da desertificação, como apresentada à UNCCD e dirigida pelo Plano de Ação para o Combate à Desertificação (PACD), foram confirmados;

- A desertificação continuou a se espalhar e a se intensificar apesar dos esforços empreendidos desde 1977, esforços estes demasiado modestos;
- Terras degradadas com condições de deserto continuaram a expandir a 6 milhões de hectares por ano, e a produtividade econômica líquida negativa estava mostrando um aumento de 20-21 milhões de hectares por ano;
- Áreas afetadas por, pelo menos, desertificação moderada somaram 3,1 milhões de hectares de pastagens; 335 milhões de hectares de terras agrícolas de sequeiro; e 40 milhões de hectares de terras irrigadas, totalizando 3.475 milhões de hectares;
- Populações rurais em áreas afetadas pela desertificação: 135 milhões;
- Projeções para o ano 2000 indicaram que a desertificação em pastagens continuaria a aumentar; em áreas de cultivo de sequeiro iria acelerar em uma situação crítica; em terras irrigadas, o estado de desertificação provavelmente permaneceria em grande parte como era medido na década de 1970, com possibilidade de equilibrar as perdas com as possíveis melhorias locais;
- O custo de perdas devido à desertificação foi estimado em cinco vezes o custo da desertificação controlada.

Mainguet (1994), Mainguet e Silva (1998) consideram que a desertificação é um processo irreversível na perspectiva da escala de observação humana, que tem início com o uso insustentável das terras, o que conduz à transformação de terras produtivas em improdutivas. Esta máxima entropia dos sistemas produtivos está associada à degradação da vegetação, dos solos e das condições socioeconômicas. Dentre as diversas percepções e evidências da desertificação, os autores ressaltam os seguintes:

- Um conjunto de processos biológicos e químicos que convergem para criar condições desérticas (Rozanov, 1990);
- Um problema social, envolvendo pessoas em todas as fases, como causa e como vítimas, e também menor rentabilidade agrícola com aumento da pobreza (Spooner, 1987, 1989);
- Ocorre quando a terra se torna irreversivelmente estéril em termos de tempo humano e que diz respeito às limitações econômicas (Mainguet, 1994a, 1994b, 1995);
- Diminuição ou perda do potencial de uso sustentável (Warren e Agnew, 1988);
- Dificuldade de germinação das sementes é o critério fundamental de desertificação (Dregne, 1984);
- Solo degradado, germinação das sementes reduzida, diminuição da formação de plântulas e reprodução da cobertura vegetal alterada pela mudança das características do solo;
- Perda de agregação do solo, indicador-chave para a resiliência de um ecossistema seco;
- Diminuição da capacidade de infiltração do solo;
- Diminuição do armazenamento de água no solo;
- Perda de resistência à erosão.

As avaliações acerca das terras atingidas pela desertificação consideradas pela UNCCD utilizaram dados produzidos pela Universidade de Tecnologia do Texas, EUA, com base em estatísticas nacionais disponíveis com referência aos usos da terra nas zonas áridas. Agrega dados da degradação do solo dentro de terras áridas baseada na *Global Assessment of Soil Degradation* (GLASOD), elaborado pela Soil and Information Centre-

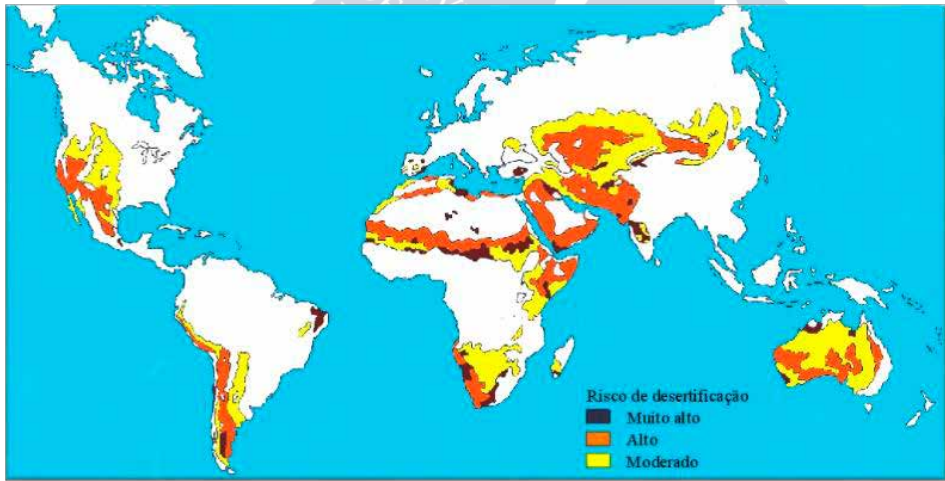
ISRIC/PNUMA em 1990 a uma escala média de 1:10.000.000. O GLASOD é fruto do relatório Nosso Futuro Comum (Brundtland, 1987; Oldeman et al., 1990) e estimou que a perda de solos agrícolas no mundo se dê a uma taxa de 6 a 7 milhões de hectares, por ano, com um adicional de 1,5 milhões de hectares perdidos, devido à exploração de madeira, salinização e acidificação. Estes dois conjuntos de dados globais forneceu o estado da desertificação no mundo para a década de 1990 (Tabela 2.1) e apontou as causas do processo:

Tabela 2.1 - Estado da desertificação no mundo

Situação de uso das terras secas	Terras áridas (milhão de hectares)	Percentual
1.Terras irrigadas degradadas	43	0,8
2.Lavouras de sequeiro degradadas	216	4,1
3.Pastagens degradadas (solo e vegetação degradados)	757	14,6
4.Terras áridas com degradação dos solos induzida pelo homem (GLASOD). (1 + 2 + 3)	1016	19,5
5.Pastagens degradadas (vegetação degradada sem grave degradação do solo)	2576	50,0
6.Total de terras secas degradadas. (4 + 5)	3592	69,5
7.Terras secas não degradadas	1580	30,5
8.Area total das terras secas, excluindo desertos hiperáridos. (6 + 7)	5172	100,0

Fonte: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Disponível em: <http://na.unep.net/siouxfalls/des/uncedp1.php>.

Um dos frutos da Conferência de Nairóbi de 1977 foi a publicação do primeiro mapa das Áreas de Risco de Desertificação no Mundo (Figura 2.1) onde foram identificadas as áreas atingidas e classificado o seu risco para desenvolver o processo em muito alto, alto e moderado.



Fonte: Conferência sobre Desertificação das Nações Unidas (1977).

Figura 2.1 - Áreas de Risco de desertificação no Mundo

Os dados coletados à época indicavam que todos os continentes apresentavam risco e as superfícies mais extensas encontravam-se localizadas na África e na Ásia. O Nordeste

do Brasil aparece neste mapa como o único espaço sul-americano com risco muito alto para desenvolver desertificação, em latitudes subequatoriais.

A partir dessa primeira aproximação foi possível conhecer a distribuição das terras secas e o seu respectivo risco (PNUMA, 1991) e estimar, por meio de uma série temporal de 30 anos de dados climáticos — 1951/1980 — as zonas de aridez, definidas de acordo com os seus parâmetros meteorológicos. Foi utilizada a precipitação e a evapotranspiração potencial (calculada pela fórmula de Thornthwaite, adaptada da fórmula de Penman/1955, usado em 1977). Para as áreas de aplicação da Convenção, o índice de aridez varia de 0,21 até 0,65 (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Tipologia climática com base no Índice de Aridez

Tipo Climático	Índice de Aridez (precipitação média anual/evapotranspiração potencial)	Percentual de terras atingidas
Hiperáridos	<0,05	-
Árido	0,05 - 0,20	12,1
Semiárido	0,21 - 0,50	17,7
Subúmido seco	0,51 - 0,65	9,9
Subúmido e úmido	0,65 - 1,0	-
Úmido	>1,0	-

Fonte: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Disponível em: <http://na.unep.net/siouxfalls/des/uncedp1.php>.

A experiência acumulada sobre a desertificação, apesar de ligeiras divergências quanto aos números, demonstra que o processo atinge cerca de 6 milhões de hectares, em mais de 100 países, onde vivem mais de 1 bilhão de pessoas. Botsuana, Burkina Faso, Iraque, Cazaquistão, Moldávia e Turcomenistão possuem terras secas em cerca de 99% de seus territórios.

Em paralelo, as terras aráveis e produtivas do planeta são destruídas todos os anos; cerca de ¼ da superfície terrestre sofre de degradação e erosão dos solos e os solos aráveis por pessoa diminuiu de 0,32 ha em 1961-1962, para 0,21 ha em 1997-1999, esperando-se que diminua para 0,16 ha em 2030 (Roxo, 2006; Paraíba, 2011).

As Atas da Jornada Internacional sobre Desertificação e Desenvolvimento Durável, publicada em 2007 (Rego, 2012, p. 41), adverte para uma das consequências sociais mais perversas da desertificação, a pobreza, que tem levado à migração intercontinental — a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura/FAO estima que, em 2020, haverá um fluxo migratório de aproximadamente 60 milhões de pessoas oriundas da África subsaariana em direção à Europa, caso providências adequadas não forem tomadas.

A desertificação é, portanto, diante desse cenário, um processo cuja análise exige uma ampla visão sistêmica, visto seus múltiplos e complexos fatores propulsores, suas interdependências e inúmeros mecanismos de retroalimentação, que se manifestam de formas variadas no tempo e no espaço (Sampaio et al., 2008). Três grupos de causas são atribuídos, de modo geral, ao processo de desertificação — formas de colonização; sistemas tradicionais de uso das terras; e mudança climática (Mainguet, 1998).

Geist e Lambin (2004) identificaram por meio da avaliação de 132 casos descritos em 54 artigos e 28 jornais científicos, na Ásia, África, Austrália, Europa, Estados Unidos e América Latina, dois grupos de causas da desertificação:

- Causas diretas: atividades agrícolas, extensão da infraestrutura, extração de madeira, aumento da aridez;
- Forças motrizes subjacentes: fatores climáticos, econômicos, institucionais, políticas nacionais, crescimento populacional.

As forças motrizes fortalecem as causas diretas, e tanto operam no âmbito local como refletem as influências dos níveis nacional e global. O estudo apontou que em 95% dos casos, as atividades agrícolas aparecem como a causa principal da desertificação, seguida do aumento da aridez (86%). Os fatores climáticos são citados em 86% dos casos, os fatores tecnológicos em 69%, e os fatores políticos e institucionais em 65%.

Puigdefabregas e outros (2009) da Estação Experimental Zonas Áridas e da Universidade de Trier, Alemanha, discorrem sobre a importância da GLASOD — Avaliação Global da Degradação da Terra (1988 a 1990) —, do consórcio PNUMA, *Global Environment Facility* (GEF) e FAO — Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) 2002 —, e do *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), para trazer luzes aos fatores propulsores da desertificação. Este último consensua a indissociabilidade entre degradação do solo, mudanças climáticas e perda de biodiversidade. O consórcio DeSurvey — *Surveillance System for Assessing and Monitoring of Desertification* (2005 a 2010) —, da União Europeia, objetiva identificar os mecanismos da desertificação e avaliar a vulnerabilidade à desertificação nos países afetados da União Europeia, do Magreb, países do Sahel, Chile e noroeste da China. A concepção do consórcio revaloriza o conceito de degradação dos solos, ao fortalecer a abordagem ecossistêmica.

Nos estudos sobre as causas da desertificação aparecem também, recorrentemente, o seguinte grupo de fatores:

- Incidência de secas;
- Sobrepastoreio;
- Uso de espécies lenhosas como combustíveis;
- Má gestão dos recursos hídricos;
- Agricultura de sequeiro.

Ou seja, uma característica climática natural, a seca, que somada aos demais fatores deflagra a desertificação. Abahussain e outros (2002) confirmaram essa premissa ao estudar a desertificação na Região Árabe: secas ocasionais e secas prolongadas atingem negativamente o meio natural, cujos reflexos serão severos onde a influência do homem é maior (a redução da cobertura vegetal, a variação do albedo, mudanças no clima local, efeito estufa etc.). Por sua vez, a desertificação tem um efeito cumulativo sobre a seca, potencializando o fenômeno e reduzindo as chances das populações afetadas para conviver com períodos prolongados de baixa incidência de chuvas (Hare, 1993, apud Abahussain et al., 2002). Os métodos tradicionais de agricultura de sequeiro (culturas alimentares alternadas com práticas pastoris e pousio) já não são adequados sob as condições atuais, onde a pressão demográfica tem aumentado a demanda por recursos da

terra. Porém seus impactos não dependem apenas da densidade demográfica, mas sobretudo da "capacidade de carga" e "limite crítico" do sistema ambiental.

Áreas suscetíveis à desertificação apresentam-se fortemente vulneráveis aos episódios de seca, um fenômeno natural dos domínios secos, semiáridos e subúmidos secos, que, no entanto, agudizam o empobrecimento das populações. Os sucessivos ciclos de degradação dos recursos ambientais e pobreza se retroalimentam e forçam a expansão das áreas produtivas, resultando em degradação física, química e biológica dos solos; redução no desempenho educacional; falta de investimentos em tecnologias adaptadas à aridez; e enfraquecimento político e institucional (MMA, 2007).

A perda dos solos agricultáveis devida aos processos de desertificação é uma das consequências mais perversas para as populações locais, pois a fina camada orgânica é rapidamente removida durante a estação chuvosa, sobretudo nos episódios torrenciais. A erosão provoca danos nas propriedades físicas, químicas, biológicas e econômicas dos solos; e perda em longo prazo da vegetação natural. Para Suertegaray e outros (BRASIL/MMA, 2007), é nas áreas suscetíveis à desertificação que esse processo é mais grave e conduzem à insegurança alimentar e à pobreza. A migração, comum às regiões secas, torna-se, nesse contexto, um movimento agravado. Os refugiados ambientais chegam a somar 900 mil pessoas ao ano, o que potencializa ou cria problemas sociais e econômicos nas áreas receptoras, inclusive conflitos violentos, no caso de ultrapassar as fronteiras nacionais (BRASIL/MMA, 2007).

Sampaio e outros (2008) reafirmam que a causa fundamental da desertificação é a forma como as atividades agrícolas são praticadas, as quais abrem caminho para dinâmicas de degradação. Mas ressaltam que “as atividades agrícolas sempre resultam em alguma mudança das condições ambientais, fica para ser definido que níveis de mudança seriam aceitáveis” (Sampaio et al., 2008, p. 64). A erosão dos solos — e sua irreversibilidade — é o processo geomórfico mais recorrente e generalizado na região semiárida, o que o torna o principal fator da desertificação. Sampaio e Araújo (2005) calcularam grandes perdas de solo em locais sem vegetação, podendo chegar a mais de 100 ton/hectare/ano, e perdas baixas em locais com vegetação arbustiva e arbórea (< 0,1 ton/hectare/ano).

A desertificação interfere também no ciclo do carbono e aumenta o efeito estufa, provocando a redução da biodiversidade e afetando diretamente a alimentação e a saúde da população local, sobretudo em ecossistemas frágeis (Koohafkan, 1996). Sobre este tema as pesquisas sobre as mudanças climáticas globais, apesar das discordâncias entre os pesquisadores (Molion, 2008 a, 2008 b, 2007, 2005, 2002, 2000; Reilly et al., 2001; Webster et al., 2001; Wingley & Raper 2001) e da necessidade em se avançar e elucidar, de fato, a natureza dos distintos papéis — o da natureza e o da ação humana —, indicam que existe uma correlação entre estas mudanças planetárias e a desertificação das terras secas.

Estudos conduzidos por Cavalcanti e outros (2002), Brasil/INPE (2002), Nobre e outros (1991), apontam que as supressões da cobertura vegetal na Amazônia e na região semiárida do Brasil podem comprometer as condições climáticas continentais. As repercussões sobre o clima têm sido avaliadas pelo Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (AGCM) que revelaram que, em grande escala, o desmatamento na Amazônia

e a desertificação no semiárido podem levar à expansão de savanas na Amazônia e semidesertos no *core* seco do semiárido, devido às transformações no ciclo hidrológico sobre as regiões (Oyama & Nobre, 2003). Segundo os autores, haveria desta forma uma tendência para evolução de um novo estado de equilíbrio mais seco, com redução da diversidade biológica da Amazônia e maior escassez de água no semiárido nordestino. Dentre os biomas atingidos, a caatinga é um dos mais vulneráveis às mudanças climáticas no Brasil (Oyama & Nobre, 2003).

Em 2006, o Ministério do Meio Ambiente publicou importante estudo sobre as mudanças climáticas globais, coordenado pelo pesquisador do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-INPE (CPETC-INPE) José Antônio Marengo. O extenso trabalho demonstra que existem várias evidências em todo o planeta de que as mudanças climáticas estão em curso e que são consequências do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e das mudanças nos padrões de uso da terra. Para o Brasil as repercussões mais graves estão relacionadas às variações interanuais, relativas ao *El Niño* ou à variabilidade do Atlântico Tropical e Subtropical, e interdecadais, associadas às variações naturais do clima. A região nordeste

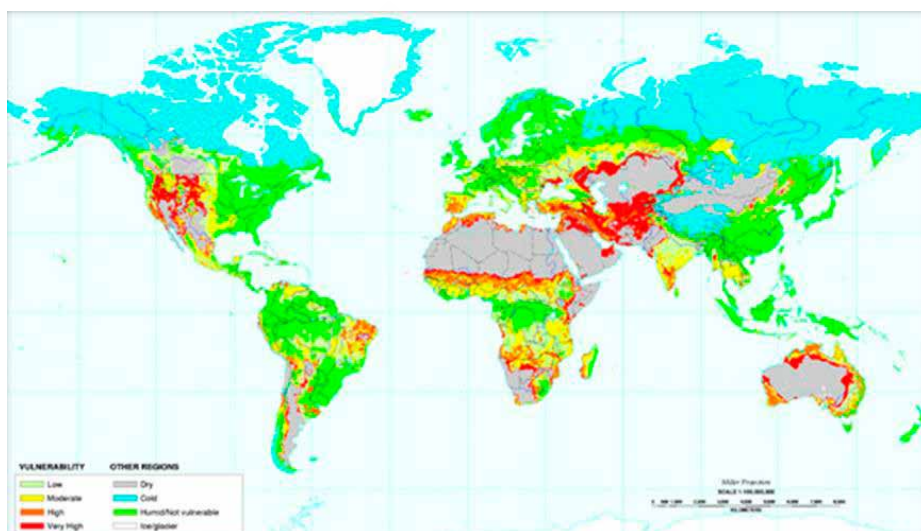
[...] poderá ter um aumento de 2°C a 5°C até o final do século XXI. A Caatinga será substituída por uma vegetação mais árida. O desmatamento da Amazônia pode deixar o semiárido mais seco. Com o aquecimento a evaporação aumenta e a disponibilidade hídrica diminui. O clima mais quente e seco poderia levar a população a migrar para as grandes cidades da região ou para outras regiões, gerando ondas de “refugiados ambientais”. (Marengo, 2006, p. 136).

Mais tarde (Marengo, 2008) reafirma que o semiárido tenderá a tornar-se mais árido, visto que a frequência e a intensidade das secas aumentarão, reduzindo a disponibilidade de recursos hídricos, o que afetaria a vegetação, a biodiversidade e atividades que dependem dos recursos naturais: “Mais de 70% das cidades do semiárido nordestino com população acima de cinco mil habitantes enfrentarão crise no abastecimento de água para abastecimento humano até 2025” (p. 91).

2.3 Principais áreas afetadas por desertificação no mundo

A desertificação tem sido observada em maior ou menor grau de gravidade em ecossistemas frágeis da África, Américas, Austrália, Ásia, e borda do mar Mediterrâneo. Para além das consequências no nível local para as populações e ambientes atingidos é preocupante o crescente número de refugiados ambientais, que se veem obrigados a abandonar suas terras e, por vezes, o seu próprio país, diante da falência socioambiental (Oliveira, 2010). O relatório “Alterações Climáticas e Cenários de Migrações Forçadas”, elaborado pelo Instituto para o Desenvolvimento Sustentável para a Comissão Europeia e apresentado durante a Conferência de Poznan (Polônia, 1 a 12 de dezembro de 2008), aponta que “o total de pessoas que foram forçadas a se deslocarem dos seus *habitats* naturais em decorrência de problemas ambientais já ultrapassa o número de 25 milhões de pessoas podendo chegar até o ano 2010 ao total de 50 milhões” (Oliveira, 2010, p. 127).

Esta situação é extremamente complexa, sobretudo quando avaliada à luz da condição de pobreza que permeia as terras secas, e em especial as desertificadas. Estas terras são muito suscetíveis à degradação e vulneráveis à desertificação, como já reconhecido pela UNCCD em 1994. O mapa da Figura 2.2 foi elaborado em 1998 pela *Natural Resources Conservation Service* (NRCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Utilizou dados da tipologia e condições hídricas e térmicas dos solos que permitiram apontar a vulnerabilidade mundial à desertificação. Grandes superfícies da África e Ásia foram classificadas em alta e muito alta vulnerabilidade. Comparativamente, este mapa identifica áreas mais extensas do que o de 1977 feito pela UNCCD, relativo às áreas com risco para desenvolver desertificação, bem como fornece uma visão mais profunda dos reais contornos das áreas sujeitas ao processo. Deste modo, se destacam outras áreas tão preocupantes quanto África e Ásia — o oeste dos Estados Unidos e o nordeste do Brasil — que figuravam de modo mais discreto no mapa de 1977.



Fonte: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MEDIA/nrcs142p2_050431.jpg

Figura 2.2. Mapa da Vulnerabilidade Global à Desertificação

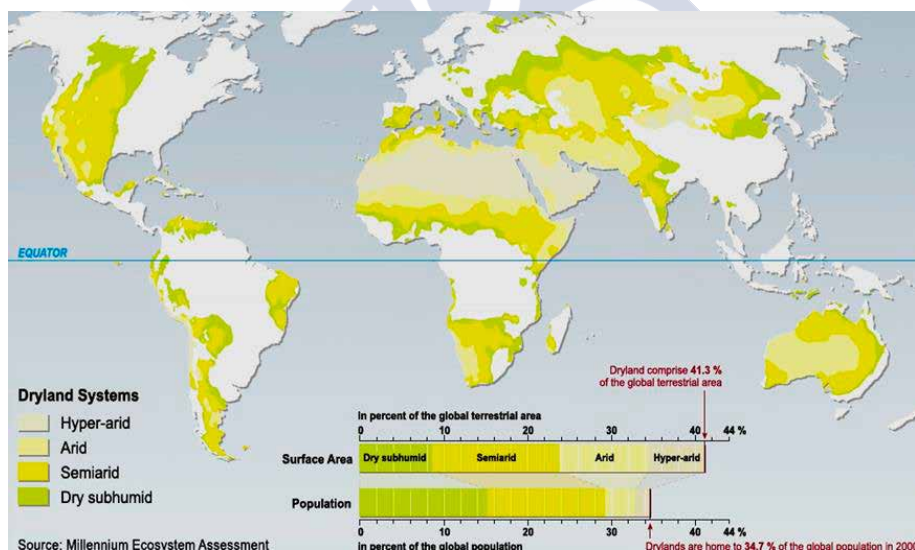
Em 2005 a *Millennium Ecosystem Assessment* divulgou o Mapa dos Sistemas de Terras Secas (Figura 2.3), cujos dados indicam que 41,3% da superfície do planeta é afetada por variabilidade climática e escassez hídrica, que atinge todos os continentes. Em tais ambientes habitavam, no ano 2000, 34,7% da população mundial. As áreas mais extensas encontravam-se em territórios da África e ao sul da Ásia; as menores, na Europa. Além deste dado, coloca em evidência a grande extensão das regiões semiáridas e subúmidas secas — cerca de 24% dos continentes — passíveis de desenvolver desertificação.

Os países atingidos na África — como Etiópia, Sudão, Chade, Níger, Nigéria e Mali — e a maior parte do sul da Ásia têm, juntos, 40% de sua população vivendo em terras secas, o que corresponde entre 25 a 30% da população mundial, conforme relatório das Nações Unidas de 2011. Este dado — quase a metade da população ocupando terras secas — sinaliza para tragédias sociais aguadas, sobretudo quando se constata que também se

cobertura vegetal (percentual de ocupação), solos (espessura) e solos (erosão). Dentre os resultados alcançados, apontou para a necessidade de não ultrapassar a capacidade de suporte dos sistemas ambientais; adotar medidas conservacionistas no uso e ocupação da terra; evitar o uso em sistemas ambientais dotados de alta fragilidade ou instabilidade em face da erosão. Estas medidas visam controlar a expansão dos processos de desertificação e mitigar seus efeitos.

Clover e Eriksen (2009) verificaram que a mudança na posse da terra nas savanas africanas teve importância na sustentabilidade da segurança humana e ambiental e podem reforçar o declínio da perda de outros componentes da sustentabilidade. A distribuição desigual da terra e a herança colonial de sistemas duplos ou pluralistas de posse estão na base de muitos problemas agrários e ambientais, levando a conflitos.

A Figura 2.4, Mapa das Terras Secas e áreas florestadas de seu entorno, elaborado pela UNEP e a *World Conservation Monitoring Centre/WCMC* em 2011, baseado no índice de aridez adotado pela UNEP (relação entre a precipitação anual – P; e a evapotranspiração potencial anual – PET), mostra o quanto são reduzidas as “franjas” de vegetação limítrofes às terras secas. Constituem transições entre ecossistemas secos e subúmidos a secos, ou secos e subúmidos, que têm, dentre outras, a função de conter a expansão das terras secas. Conhecer, de fato, a extensão destas áreas e protegê-las é imperativo e um grande desafio, visto estarem expostas à intensa pressão por atividades agropastoris, sendo continuamente desmatadas.



Fonte: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MEDIA/nrcs142p2_050431.jpg

Figura 2.4. Mapa das Terras Secas em relação às áreas florestadas de entorno

2.3.1 A desertificação no continente Sul-Americano

O Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na América do Sul (Abraham & Beekman, 2006) avaliou o processo e o identificou na Argentina, Bolívia, Chile, Equador, Peru e Brasil. A porção mais setentrional do continente também é sujeita ao processo, em especial Colômbia e Venezuela.

Em 2013 estes e outros países se reuniram em Sobral no estado do Ceará/Brasil, para realizar a 1ª Conferência Científica da Iniciativa Latino-americana e Caribenha de Ciência e Tecnologia para Implementação da Segunda Conferência Científica da Convenção das Nações Unidas sobre Combate à Desertificação (ILACCT). Esta Conferência teve por objetivo facilitar ações de ciência e tecnologia na América Latina e Caribe e contou com o apoio do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em parceria com a *Comisión Económica para América Latina y el Caribe* (Cepal); *Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas* (Iadiza); Fundação de Meteorologia do Estado do Ceará (Funceme); dos Ministérios de Ciência, Tecnologia e Inovação, Meio Ambiente, e Integração Nacional; e da Agência Nacional de Águas.

O evento criou a oportunidade de reunir especialistas e representações governamentais em torno de uma situação socioambiental comum a todos: como superar os desafios impostos pelos processos de desertificação em cerca de 25% das terras da América Latina e Caribe, onde está concentrada 28% da população, quase 145 milhões de pessoas? Discutiram e problematizaram a gênese da desertificação, sobretudo pobreza e escassez hídrica, responsáveis pela pressão exercida sobre os ecossistemas, que tem conduzido à acentuada e rápida degradação e desertificação.

O continente Sul-Americano possui três grandes espaços semiáridos — o nordeste do Brasil; o norte da Venezuela e da Colômbia, a Guajira; e a diagonal arreica do Cone Sul, que se estende da Patagônia até o *piemont* dos Andes, passando pelos desertos do norte do Chile e toda a região costeira chilena, peruana e equatoriana, passíveis de desenvolver processos de desertificação. Parte da costa ocidental do continente abriga o deserto mais árido do mundo, o Atacama, bem como domínios semiáridos, derivados da posição latitudinal e das correntes frias que passam pelo litoral.

Os demais domínios, considerados em parte azonais, possuem uma origem que remonta às flutuações climáticas ocorridas durante o Quaternário nas Américas do Sul e Central e que definiram as atuais condições hidroclimáticas, fisiográficas, fitogeográficas e térmicas. Os processos que acompanharam estas flutuações produziram um mosaico de paisagens semiáridas rico e diverso e que não se repete em nenhum outro espaço sul-americano. Os modelos teóricos que sustentam esta afirmativa estão descritos na Teoria dos Refúgios Florestais, que reconstituiu paleoespaços derivados da ação dos climas secos. Seu recorte temporal é o Pleistoceno Terminal, que se estendeu entre 18.000 e 13.000 anos a.p., quando o período glacial Würm-Wisconsin impôs amplo ressecamento climático intertropical.

No final dos anos de 1960 o zoólogo Paulo Emílio Vanzolini resgatou os conceitos formulados pelo alemão Jurgen Haffer, que buscava explicar a diferenciação de aves na Europa, e, a partir deles, deu início à formulação da Teoria dos Refúgios Florestais. Aziz Ab'Saber, um dos mais importantes geógrafos do Brasil, foi parceiro de Vanzolini nesta

iniciativa e contribuiu de forma decisiva na formulação da teoria ao levar para o campo da ecologia os conhecimentos da geografia física, sobretudo da geomorfologia.

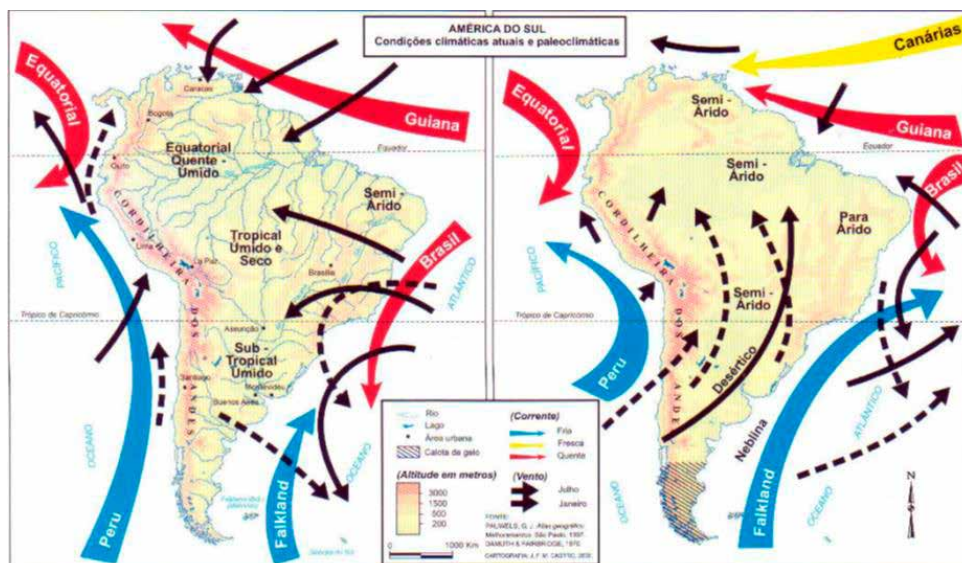
Os fundamentos que sustentam a teoria foram descritos em artigos que ainda são as principais referências para os estudos de peloclimatologia da América do Sul, conforme citado por Haffer em 1992 — Vanzolini (1967; 1973); Vanzolini e Ab'Saber (1968); Vanzolini e Williams (1970); Haffer (1969), Ab'Saber (1982); Tricart (1985); Bigarella & Ferreira (1985); Haffer (1987); Schubert (1988); Hoppe & Schobbinghaus (1991). As evidências paleoclimatológicas foram encontradas em:

[...] sedimentos no Lago Valência, no norte da Venezuela, registram pelo menos quatro ciclos de enchimento e dessecação do lago; campos de dunas nos lhanos do leste da Colômbia e sudoeste da Venezuela, ao norte da Amazônia, foram ativos durante o fim do Pleistoceno; flutuações vegetacionais nessas regiões têm sido documentadas através de estudos de paleopolén. Observações geomorfológicas extensivas indicam uma alteração de períodos climáticos úmidos e áridos também para as regiões norte, leste e central do Brasil, incluindo porções da Amazônia inferior, durante o Pleistoceno. Na última região, Tricart (1974/1975), examinou a área geral de Santarém, na foz do Rio Tapajós e notou intensa dissecação da superfície do solo que teria ocorrido durante condições climáticas secas do passado geológico recente. Journaux (1975), também concluiu que uma fase semiárida maior e relativamente longa, precedeu o período úmido presente [...]. (Haffer, 1992, p. 13)

Viadana & Cavalcanti (2006) acrescenta outros trabalhos que contribuíram para enriquecer a Teoria dos Refúgios Florestais — Bigarella (1964); Vanzolini (1970); Vuilleumier (1971); Mayr e Phelps (1971); Winge (1973); Prance (1973); Müller (1973, 1976); Turner (1977); Simpson e Haffer (1978); Prance e Mori (1980); Turner (1982); Nelson e Rosen (1981); Vanzolini e Williams (1981); Brown (1982) e Vanzolini (1986).

O período glacial Würm-Wisconsin modificou a dinâmica das massas de ar e das correntes marinhas nas latitudes intertropicais, afetando profundamente o arranjo espacial da flora e da fauna sul-americana, com forte retração das formações vegetais florestadas que permitiu a expansão das fitofisionomias mais abertas, tais como o cerrado e a caatinga. Damuth & Fairbridge (1970, apud Viadana & Cavalcanti, 2006) esquematizaram esta dinâmica espacial comparando a condição climática atual com as paleoclimáticas (Figura 2.5).

Ao término da glaciação as condições tropicais se restabeleceram progressivamente, com o retorno da umidade e aumento das temperaturas, favorecendo a expansão das formações florestais e o recuo dos cerrados e caatingas para as suas respectivas áreas *core*. A cada retração, onde certos ambientes climáticos permaneciam relativamente inalterados, a vegetação preservava suas características gênicas — refúgios — de onde voltariam a se expandir quando do retorno das condições climáticas anteriores. Desta forma, foram mantidas parte das antigas espécies de plantas e animais, que repovoaram o continente quando o período glacial terminou e se restabeleceram condições climáticas próximas das atuais, mais quentes e mais úmidas.



Fonte: Damuth & Fairbridge, 1970, apud Viadana & Cavalcanti (2006)

Figura 2.5. Condições climáticas atuais e paleoclimáticas na América do Sul.

Hoje, (Abraham & Beekman, 2006) o noroeste da Argentina, cerca de 70% do território ou quase 1,6 milhão de km², está sujeito à desertificação. Atinge o sopé dos Andes, Patagônia, e importantes áreas agrícolas do centro-oeste do país. Na Bolívia o processo atinge quase 41% das terras, 450.000 km², sobretudo nos altiplanos e vales da região do Chaco. No Chile a situação preocupa, visto que a maior parte da produção agrícola do país provém de áreas suscetíveis à desertificação — 45% do território, 340.000 km²; no Peru, 22% das terras, 283.000 km². Somente o Equador apresenta uma situação um pouco mais razoável, uma vez que as terras degradadas no país são ainda pequenas.

Em todas as situações o sobrepastoreio e a agricultura excessiva estão na base dos processos geradores da desertificação que têm afetado as terras secas.

2.3.1.1 A desertificação no Brasil

Os processos de desertificação afetam grande parte da região semiárida do nordeste brasileiro. O semiárido se estende por uma região de 969.589,4 km² e atinge 1.133 municípios dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, e o vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais (BRASIL, 2005). A população que vive nessa região está em torno de 20 milhões de pessoas e compreende mais de dois terços dos pobres rurais do Brasil e mais da metade da população vítima da fome e da má nutrição; e 70% das cidades brasileiras de menor Índice de Desenvolvimento Humano - IDH (Rêgo, 2012).

A seca é um evento climático típico e recorrente no semiárido brasileiro que acontece a cada 9/12 anos. Entre cada seca prolongada, ocorre secas mais irregulares e sazonáveis

(Ab’Saber, 1999, p. 33-34). Em 2007 o MMA publicou, com base em vários estudos, os anos com ocorrência de seca na Bahia e demonstrou a temporalidade do fenômeno (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Incidência de secas no estado da Bahia

Século XVI	Século XVII	Século XVIII	Século XIX	Século XX	Século XXI
				1900	2000/2001
	1603			1903/1904	
			1804		
	1606				
		1707			
			1808/1809	1908	
		1710/1711			
	1614		1814		2012/2015-16*
				1915	
				1919	
		1721/1727	1824/1825		
		1730	1827/1830		
				1930/1932	
			1833		
		1736/1737	1835/1837		
				1942	
	1645	1744/1747	1844/1845		
1553	1652	1751		1951/1953	
1559		1754			
1583		1760		1958	
		1766		1966	
			1870	1970	
		1771/1772			
		1777/1778	1877/1879	1976	
		1783/1784		1979/1984	
			1888/1889		
	1692	1791/1792	1891		
				1990/1993	
				1997/1998	
			1898		

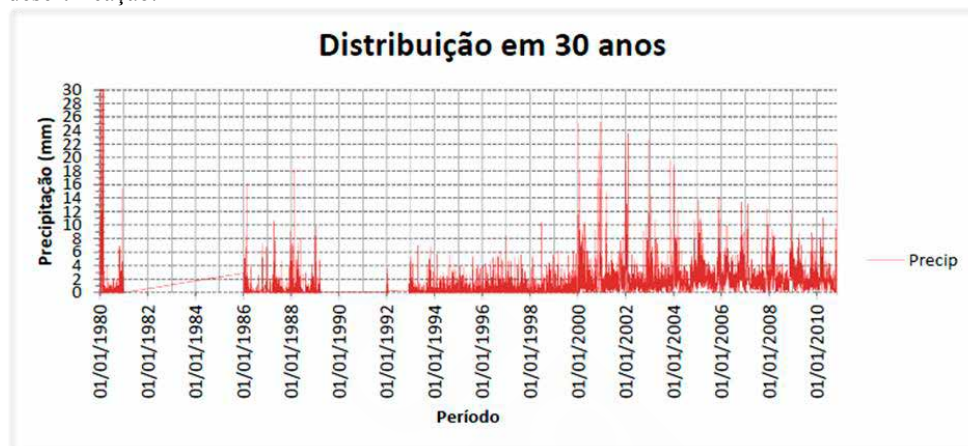
Fonte: André Heráclio Rêgo: Os sertões e os desertos: o combate à desertificação e a política externa brasileira. Ministério das Relações Exteriores e Fundação Alexandre de Gusmão. Brasília. 204 p. 2012. Rozely Ferreira dos Santos, organizadora: Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007.

*Seca relacionada ao El Niño/2015

Cordeiro e outros (2013) avaliaram o comportamento das precipitações no estado da Bahia no acervo de dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) num período de 30 anos e reafirmaram o caráter cíclico das secas na região semiárida (Gráfico 2.1).

Em 2002, Brito e Braga avaliaram o risco de desertificação em áreas do Nordeste Setentrional do Brasil, do ponto de vista climático, por meio da análise da Temperatura da Superfície do Mar-TSM no atlântico tropical sul; anomalias positivas de TSM no atlântico tropical sul; *El Niño* e *La Niña*, visto que de acordo com Ferreira e outros (1994), citado pelos autores, pg. 1006, o clima é fator importante para o agravamento dos efeitos da desertificação nessa região. A interação atmosfera-oceano produz grande flutuabilidade do clima e resulta em múltiplos regimes de clima na parte norte da região: na porção central do semiárido flutuou de árido, nos anos onde a TSM no atlântico tropical sul e/ou de *El Niño*, a subúmido seco e subúmido úmido, nos anos onde ocorreu anomalias positivas de TSM no atlântico tropical sul e/ou de *La Niña*. Este quadro sugere que, “do ponto de vista climático, o

Nordeste, como um todo, é uma região suscetível aos processos de desertificação e que a variabilidade climática, possivelmente, é um dos fatores responsáveis pelo desequilíbrio do clima da região” (Ferreira et al., 1994, apud Brito & Braga, 2002, p. 1009). Avaliações realizadas sobre a tendência climática na Bahia, no período de 1961 a 2009 (Lima et al., 2011) apontaram aumento de 1% na temperatura do ar para todas as regiões da Bahia, e decréscimo de 5% das precipitações no nordeste do estado. Esta tendência pode recrudesce a desertificação.



Fonte: Cordeiro e outros, 2013. Estudo da seca em 2012 no estado da Bahia. Anais do I Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. Campina Grande - PB. Volume 1, 2013.

Gráfico 2.1. Comportamento temporal das precipitações no estado da Bahia

Para o Brasil, os índices de aridez adotados pela UNCCD apontam o trópico semiárido e suas áreas de entorno como Área Suscetível à Desertificação – ASD, que de acordo com Matallo Jr. (2001) atinge uma superfície de 1.335.439,70 km² (74,46% da área total do semiárido) e compreende parte dos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo (Figura 2.6). As ASDs correspondem a espaços tipificados em duas categorias: Núcleos de Desertificação – ND e Áreas Afetadas por Processos de Desertificação – AAPD.

Em 1989, Conti avaliou as modalidades do ambiente tropical e introduziu a perspectiva de manifestação de desertificação, em região semiárida, relacionada a processos climáticos ou ecológicos (Tabela 2.4). As mudanças nos padrões climáticos — ou seja, no tipo de clima — que conduzem a decréscimos hídricos podem afetar o sistema ambiental no seu conjunto, provocando sucessivas retroalimentações negativas que agravam a aridez. Nesse caso, a gênese da desertificação está no comportamento dos sistemas atmosféricos, que, por transformações nos fatores climáticos, induzem à incidência de maior índice de aridez. Tais transformações podem ser de ordem natural ou não.

A desertificação ecológica, por outro lado, está relacionada ao crescimento demográfico e sua pressão sobre os recursos ambientais, propulsores de crescente degradação ambiental. A permanência desta situação conduz a processos inibidores de chuva em meso e microescalas, que conduzem à destruição da biomassa, escassez de núcleos biogênicos e albedo elevado (Conti, 1989).

Tabela 2.4. Gênese Climática ou Ecológica da Desertificação

Características	CLIMÁTICA	ECOLÓGICA
Base conceitual	Déficit hídrico	Criação de condições semelhantes a desertos
Avaliação	Índice de Aridez	Empobrecimento da biomassa
Indicadores	Aumento na temperatura média Déficit hídrico nos solos Torrencialidade das chuvas Erosão eólica Redução na precipitação Queda na produtividade agrícola.	Desmatamento Aumento de espécies xerofíticas Elevação de albedo Mineralização dos solos Voçorocamento Invasão de areia Queda na produtividade agrícola Redução demográfica.
Causas	Mudanças nos padrões climáticos	Crescimento demográfico e pressão sobre recursos

Fonte: Mendonça, 1990, adaptado de Conti, 1989.

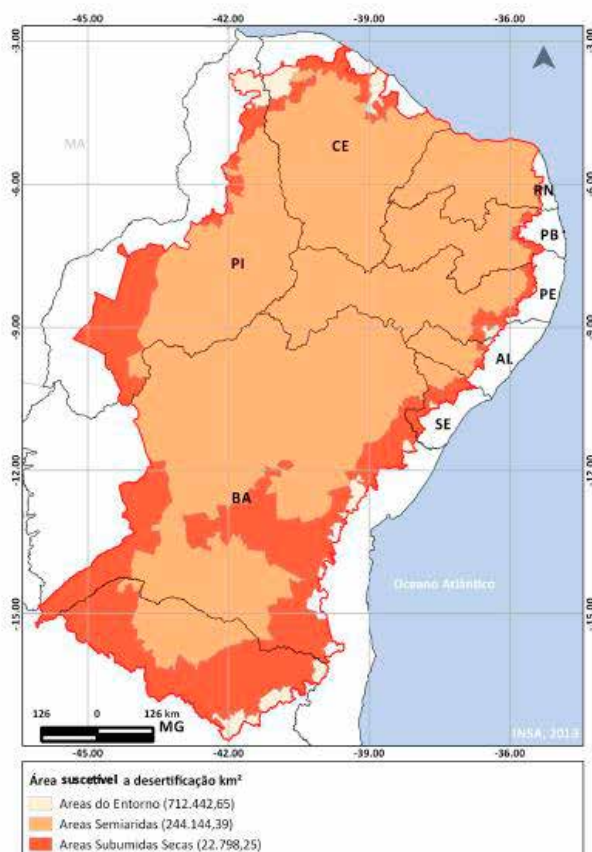


Figura 2.6. Áreas suscetíveis à Desertificação no Nordeste Brasileiro

O trabalho de Vasconcelos Sobrinho (1971) lançou os primeiros critérios que consubstanciaram a identificação dos Núcleos de Desertificação no Semiárido Brasileiro, ou unidades espaciais mínimas de desertificação. Estudos coordenados pelo Ministério do Meio Ambiente na década de 1990, baseados no trabalho referido, identificaram quatro Núcleos de Desertificação no semiárido brasileiro — Cabrobó (Pernambuco), Gilbués (Piauí), Irauçuba (Ceará) e Seridó (Paraíba), totalizando uma área de 18.743,5 km². Em todos eles, a degradação ambiental havia sido deflagrada pela substituição da vegetação natural por pecuária, agricultura e retirada de lenha e madeira, práticas rurais muito comuns ao semiárido brasileiro. À luz destes resultados foram apontadas áreas-piloto (Vasconcelos Sobrinho, 2005) — Tabela 2.5 — para aprofundamento das pesquisas:

Tabela 2.5. Áreas-piloto para estudos de desertificação

Áreas Piloto	Estados	Regiões naturais e/ou microrregiões homogêneas	Municípios
1	Piauí	Caatinga e Cerrado	Gilbués, Simplício Mendes, Cristino Castro, Ribeiro Gonçalves, Corrente e municípios vizinhos
2	Ceará	Inhamus	Tauá, Arneiroz, Mombaça, Aiuaba, Catarina, Saboeiro, Irauçuba e municípios vizinhos
3	Rio Grande do Norte	Seridó	Currais Novos, Acari, Parelhas, Equador, Cranaúba dos Dantas, Jardim do Seridó e municípios vizinhos
4	Paraíba	Cariris Velhos	Juazeirinho, São João do Cariri, Serra Branca, Cabaceiras, Camalaú, Piauí e municípios vizinhos
5	Pernambuco	Sertão Central	Salgueiro, Parnamirim, Cabrobó , Itacuruba, Belém do São Francisco, Petrolina, Afrânio, Ouricuri, Araripina e municípios vizinhos
6	Bahia	Sertão do São Francisco	Uauá, Macururé, Chorrochó, Abaré, Rodelas, Curaçá, Glória, Jeremoabo, Juazeiro e municípios vizinhos

Fonte: Vasconcelos Sobrinho (2002). In: PAN-BRASIL, 2005, p. 17.

Ana Lúcia Oliveira-Galvão e Carlos Hiroo Saito (2003) propuseram cinco categorias de susceptibilidade à desertificação para o nordeste brasileiro: muito baixa, baixa, moderada, elevada, e muito elevada, e ressaltaram que a região semiárida nordestina é potencialmente sujeita ao processo. Segundo o estudo, a Bahia apresenta suscetibilidade moderada, elevada e muito elevada, sendo que para esta última categoria está enquadrada áreas dos municípios de Curaçá e Juazeiro. Esta é uma das regiões mais secas encontradas no estado; a diagonal entre Juazeiro e Paulo Afonso apresenta estiagem que se prolonga por até onze meses (Nimer, 1988), e o Raso da Catarina é o setor mais seco, com médias pluviométricas anuais entre 300 e 400 mm (Conti, 2005).

Sá e outros (2009, p. 573) mapearam cerca de 600.000 km², $\frac{1}{3}$ de todo o território nordestino, de terras desertificadas. A caatinga é o bioma que predomina nesses espaços e os autores avaliam que os principais remanescentes recobrem apenas 40,56% da região. Junto com as demais tipologias vegetais, constitui o mais importante dos fatores de controle do processo de desertificação no semiárido. As formas de exploração da terra exercem pressão sobre o ambiente (Sá et al., 2011) conduzindo-o à degradação.

Souza e outros (2012) realizaram estudos no estado do Ceará, nordeste do Brasil, que exhibe feições de degradação geoambiental severas derivadas do uso inadequado do solo e à pobreza regional. Os autores concluíram que este fator é crucial para elucidar os processos de degradação, inclusive, mais importantes do que as condições naturais, pois as formas utilizadas no manejo das áreas rurais superam a capacidade de suporte dos ambientes. Nascimento (2010, 2009, 2006) e Nascimento e outros (2007, 2005, 2004) numa série de

estudos sobre áreas susceptíveis à desertificação, também no Ceará, reafirma que o histórico uso dos recursos florestais para produção de lenha e carvão vegetal atingiu profundamente os geoambientes e sua regeneração é improvável. O “desaparecimento das espécies de matas; predação seletiva e constante do homem; rarefação da fauna, que não regula mais a dispersão e reprodução das espécies vegetais” (p. 81) impõe limites à sua capacidade de suporte e acentua progressivamente a degradação até à desertificação.

As atividades rurais praticadas na região semiárida são predominantemente voltadas para a pecuária extensiva (Moreira et al., 2006) e semiextensiva, ambas provocando o sobrepastoreio, que reduz a vegetação, aumenta a erosão, compacta o solo e reduz as taxas de infiltração (Pei et al., 2008, apud Sousa et al., 2012). Este manejo é um dos fatores que tem conduzido à desertificação, que atinge 980.711 km², em oito estados do Nordeste do Brasil e um do Sudeste (Costa et al., 2009). Cunha e outros (2011) verificaram que a degradação ambiental da zona ripária do Rio São Francisco, por excelência de fruticultura irrigada, em municípios do estado da Bahia, é devida ao desconhecimento de práticas de manejos conservacionistas e baixo controle e fiscalização dos órgãos competentes, tanto em assentamentos quanto em projetos agrícolas.

Os estudos de Leprun e outros (1995) comparando o semiárido brasileiro com o Sahel (África) ressaltam que, no semiárido nordestino, comparando as áreas de vegetação preservada com as que apresentam cobertura vegetal degradada e solo exposto, a porcentagem média do escoamento superficial aumenta de 3-5% para 20-30%, o que faz com que os açudes sejam alimentados por águas mais ricas em sais. Concluiu também que a ocorrência de secas acentuadas, sobretudo onde os solos são de pequena profundidade, faz com que a infiltração e o estoque de água utilizada pelas plantas diminuam de forma intensa, fator limitante para a recolonização da vegetação.

Souza e outros (2009, p. 229) também considera que:

A retirada de grande parte da cobertura vegetal submete os solos a uma amplitude térmica maior, elevando no período diurno as taxas de evapotranspiração e afetando todos os ecossistemas existentes. Levando em consideração esse aspecto e devido ao uso do solo que existe nessas terras, acabam resistindo somente espécies de plantas que sejam ainda mais tolerantes a temperaturas mais elevadas que aquelas anteriormente dominantes e a seca edáfica, como vêm demonstrando pesquisas recentes baseadas na aplicação de modelos climáticos para o semiárido nordestino (Oyama, 2002; Nobre et al., 2005; Souza, 2006).

Na década de 1980, os esforços empreendidos pelo Ministério do Meio Ambiente no estudo da desertificação em seis áreas piloto do nordeste do Brasil possibilitaram estabelecer as áreas suscetíveis à desertificação e por meio dos critérios i) degradação do solo e ii) vegetação, quatro núcleos: Cabrobó (Pernambuco) com 8.573,02 km², Gilbués (Piauí) com 5.912,86 km², Irauçuba (Ceará) com 4.101,18 km², e Seridó (Paraíba) com 2.792,39 km². Em 2014 o INSA publicou os mapas de localização destes núcleos e acrescentou mais dois — Inhamus e Jaguaribe, ambos no Ceará — que somados aos demais abrangem uma superfície de 68.500 km². Nos quatro primeiros a “degradação teve início com a substituição da caatinga por práticas de agricultura, pecuária e retirada de madeira para produção de lenha e carvão” e, ressalta o MMA, que a “natureza geomorfológica, pedológica e climática também são relevantes” (MMA, 2007, p. 28) para explicar o processo. Os recém-identificados ainda estão em fase de estudos.

Os estudos sobre o núcleo de Gilbués (Sampaio et al., 2003, BRASIL/MMA, 2007) se iniciaram com Vasconcelos Sobrinho (1974), que adotou indicadores biológicos na avaliação do processo de desertificação. Os estudos de Sales (2003) atentaram para as formas de ocupação da região de Gilbués, inicialmente com gado no século XVII; garimpo de diamante nos anos de 1950; e agronegócio a partir da década de 1990, que podem ter relação com a desertificação. O estudo de Silva Filho e outros (1994) constatou que 91,29% do consumo energético do município de Gilbués provém de recursos florestais. Para Crepani (2009), o núcleo de Gilbués, cuja degradação dos solos é bastante profunda, resulta de fator geológico, a composição litológica do Grupo Areado da Bacia Sanfranciscana, e não se repetirá fora dessa unidade. Considera que essa dinâmica erosiva parece não ter relação com variações climáticas, e sim,

[...] exclusivamente, com as atividades humanas, que vêm acontecendo por centenas de anos, caracterizadas pela alteração da cobertura vegetal que expõe um raro tipo de associação de solos (PE5-podzólicos eutróficos), de alta fertilidade e pouca resistência à erosão, às severas condições regionais de concentração pluviométrica (alta intensidade pluviométrica) o que implica na exposição do embasamento rochoso sedimentar que, por sua vez, é responsável pela redução ou perda da fertilidade e da produtividade biológica ou econômica, sintomática da degradação de terras. (Crepani, 2009, p. 5192)

Silva e outros (2011) verificaram que as áreas degradadas no estado de Pernambuco correspondem a Luvisolos e Planossolos, solos rasos com pouco grau de desenvolvimento pedogenético. Aí se encontra o núcleo de Cabrobó, que exhibe grandes superfícies degradadas devido à substituição da vegetação natural por agricultura, onde 91,13% de suas terras estão comprometidas com níveis severos e acentuados de desertificação (Sá et al., 2006). O processo de desertificação no núcleo de Seridó evolui devido ao cultivo do algodão e à pecuária, que segundo Luetzelburg, 1923 e Andrade-Lima, 1981 (apud Costa et al., 2009), tem conduzido à perda da diversidade florística, uma das consequências deste processo. Em estudo realizado na caatinga de Seridó (Costa et al., 2009) concluíram que a pressão antrópica, pretérita e atual, é a causa potencial da desertificação.

Souza et al. (2009) discorrem sobre pesquisas realizadas no Cariri Paraibano, região limítrofe ao Seridó, por Gomes da Silva (1993), Souza (1999), Moura (2002), Silva (2003a), Souza e Suertegaray (2005 e 2006), Pereira (2006), Andrade e outros (2007), Souza e Lima (2007), Sousa (2007) e Souza (2008) cujas abordagens enfatizaram a vegetação e as suas alterações como elemento básico para se compreender e espacializar a desertificação. As características suave-inclinadas do relevo, presença de água e boa fertilidade natural historicamente tornaram essa região densamente ocupada por agropecuária. Por outro lado, a estrutura fundiária com o predomínio de pequenas propriedades pode ter relação com a desertificação. Pequenas propriedades associadas a escassez de capital impede, sobretudo, o pousio anual das terras.

O núcleo de Irauçuba apresenta amplo desmatamento para extração de madeira e aumento dos pastos, o que deixa os solos desprotegidos e vulneráveis aos processos erosivos. Pinto e outros (Pinto, 2009) avaliaram uma série temporal de 30 anos dos usos dos solos e observaram que a agropecuária, atividade predominante no meio rural, aumentou durante todo o período observado, bem como as áreas expostas, sem vegetação, também cresceu, o que pode ser atribuído a um processo de desertificação.

O Instituto Nacional do Semiárido (INSA) — unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação — publicou em setembro de 2014 os mapas dos núcleos de desertificação do nordeste brasileiro, agregando mais dois núcleos, Inhamus e Jaguaribe, ambos no estado do Ceará (BRASIL/MCTI/INSA, 2014).

Os estudos sobre os processos de desertificação na Bahia são ainda escassos. O Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE/BA, 2014, registra as contribuições dos estudos desenvolvidos pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CEPED), em 1979; Aouad e Condori, 1986; Barbosa, 1995, no âmbito do Projeto Áridas; Riché, Sá e Fotius, 1994; e Paiva, Araújo, Gross, e Costa, 2007. Em 1986, Lage, em trabalho doutoral realizado no nordeste da Bahia, apontou que a região dos “altos pelados” na bacia do rio Vaza-Barris apresenta degradação irreversível e próxima à desertificação, devido às práticas humanas desordenadas.

Perez-Marin et al. (2012) compartilham a premissa de que a desertificação geralmente decorre do desmatamento da caatinga para o plantio de pastos herbáceos ou culturas de ciclo curto, que não repõe os nutrientes dos solos e conduz à perda de fertilidade. A continuidade deste uso e manejo das terras secas tem resultado em erosão laminar com carreamento de solo de, em média, menos de 1 cm/ano. Porém, com o passar dos anos e a reincidência do processo, conforme apontaram Araújo et al. (2005), há significativa redução da profundidade do solo, chegando à exposição da rocha. Estudos conduzidos na região semiárida sobre o papel da erosão laminar na perda de solos (Sampaio et al., 2003) indicam que, apesar da baixa percepção por parte dos agricultores, existem evidências de que as práticas agrícolas inadequadas nos últimos 200 ou 300 anos esgotaram e rebaixaram os solos de forma irreversível em vários locais.

As consequências geradas por esta dinâmica, ao mesmo tempo socioproductiva e ambiental, sobre as propriedades químicas dos solos são verificadas pelos baixos teores de fósforo e nitrogênio, devido ao desmatamento e baixa capacidade da caatinga em produzir massa orgânica verde, o que leva à mineralização dos solos (Salcedo & Sampaio, 2008). Este ciclo vicioso institui processos que agravam ainda mais a deficiência de nitrogênio nos solos, tornando-os progressivamente muito pobres em nutrientes.

Diante deste cenário foram lançadas, em 2004, as diretrizes do Programa Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), cuja meta é fomentar e promover o planejamento de ações à prevenção do processo; o governo brasileiro, por meio dos ministérios do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia, criou o Sistema Brasileiro de Alerta Precoce de Secas e Desertificação (Marengo, 2008). Desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), tem por principal função prever a ocorrência de grandes períodos de seca e apontar as áreas suscetíveis à desertificação desencadeada por mudanças climáticas. A disponibilização prévia e rápida das informações produzidas por este sistema pode mitigar os efeitos das secas e a longo prazo criar mecanismos de convivência harmônica com o semiárido.

A Bahia possui 289 municípios (BRASIL/PAN-Brasil, 2004), inseridos em Áreas Suscetíveis à Desertificação — 86,8% do território (490 mil km²), onde habitam cerca de 3,7 milhões de pessoas (BAHIA/PAE-Bahia, 2014, p. 17). Na construção deste Plano foram selecionados quatro Polos Regionais, com base em Lobão & Vale (2013) e (Vale, 2010), para

ações prioritárias de diagnóstico socioambiental, mobilização social e articulação interinstitucional.

O trabalho de Lobão e Vale (2013) apresenta uma modelagem da vulnerabilidade à desertificação para o estado da Bahia (Figura 2.7), utilizando as variáveis i) índice de vegetação, ii) tipologia de solos e iii) tipologia de vegetação e uso dos solos, desenvolvido em SIG, cujos resultados apontam para a existência de 308.940 km² de superfícies vulneráveis e fortemente vulneráveis, cerca de 80% de toda região semiárida baiana.

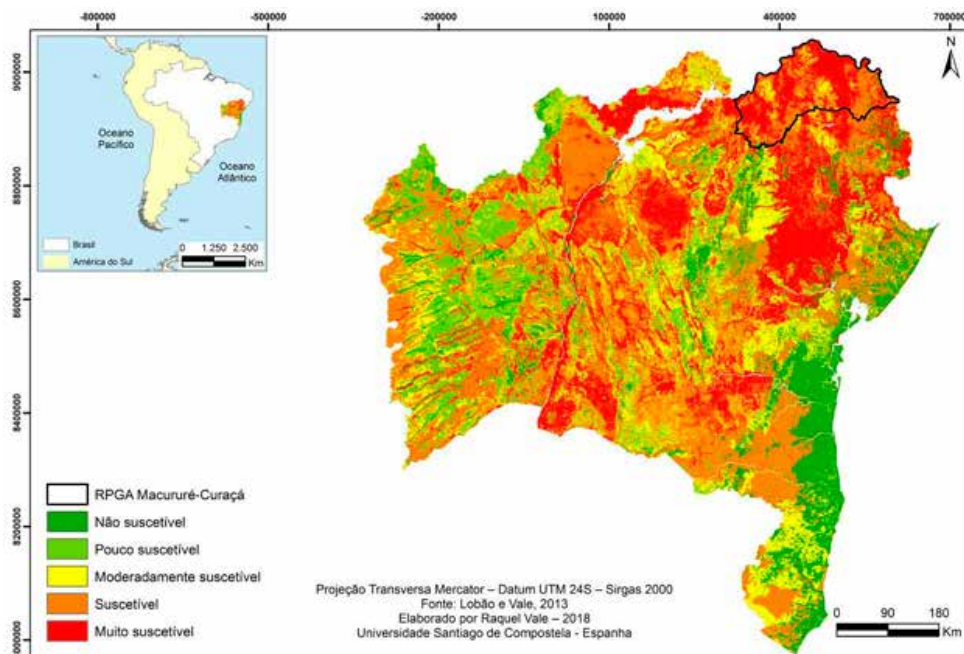


Figura 2.7. Mapa da suscetibilidade à desertificação na Bahia

As áreas mais suscetíveis constituem espaços cuja vulnerabilidade decorre, sobretudo, das “técnicas tradicionais de cultivos temporários com baixa produtividade e constante necessidade de rotatividade de terras; e forte incidência da pecuária extensiva ... práticas que se alternam em função da sazonalidade climática” (p. 136). A partir da modelagem quatro áreas se destacaram, dentre as quais o nordeste da Bahia, por apresentar vulnerabilidade acentuada para desenvolver desertificação. As autoras avaliam que no domínio morfoclimático semiárido, os fatores mencionados:

Aumentam a pressão sobre os recursos ambientais, sobretudo os hídricos, e promovem processos degradacionais, sejam eles naturais e/ou antrópicos. Por sua vez, a sazonalidade potencializa a degradação das terras que se expressa na expansão dos processos erosivos, perda e exposição dos solos, que retroalimentam a rusticidade ambiental e pode conduzir a processos de desertificação. É a retroalimentação contínua que amplia as áreas degradadas e cria mecanismos que podem levar ao processo. (Lobão e Vale, 2013. p. 138).

2.4 A Bacia Hidrográfica: unidade espacial para a gestão da água

A desertificação é um processo que evolui a partir da ausência efetiva de uma gestão integrada do espaço rural, especialmente no que respeita ao uso das terras, às áreas legalmente protegidas, e aos recursos hídricos. O nível de eficiência política-governamental nos processos de gestão reflete o grau de conservação dos solos, das riquezas naturais e da preservação das águas.

A atribuição constitucional pelo zelo com tais questões nasce na esfera governamental federal e se irradia para a estadual e municipal, estrutura organizacional da gestão no Brasil, amparada pela Constituição Federal de 1988. Deste modo, são responsáveis, plena e/ou transversalmente, pela condução das políticas do uso das terras, da proteção ambiental e das águas, temas importantes para a discussão da desertificação:

- **Ministério da Integração Nacional:** competências: formulação e condução da Política Nacional de Desenvolvimento Regional; formulação dos planos e programas regionais de desenvolvimento; obras contra as secas e de infraestrutura hídrica; formulação e condução da política nacional de irrigação; ordenação territorial.
- **Ministério do Desenvolvimento Agrário:** competências: reforma agrária; promoção do desenvolvimento sustentável do segmento rural constituído pelos agricultores familiares; e identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas pelos remanescentes das comunidades dos quilombos. Extinto pela Medida Provisória nº 726, de 12 de maio de 2016. O Decreto nº 8.780, de 27 de maio de 2016, transferiu as competências do MDA para a Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário.
- **Ministério da Agricultura:** competências: gestão das políticas públicas de estímulo à agropecuária, pelo fomento do agronegócio e pela regulação e normatização de serviços vinculados ao setor.
- **Ministério do Meio Ambiente:** competências: política nacional do meio ambiente e dos recursos hídricos; política de preservação, conservação e utilização sustentável de ecossistemas, biodiversidade e florestas; proposição de estratégias, mecanismos e instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais; políticas para a integração do meio ambiente e produção; políticas e programas ambientais para a Amazônia Legal; e zoneamento ecológico-econômico.
- **Ministério das Minas e Energia:** competências: formular políticas públicas, bem como, induzir e supervisionar a implementação dessas políticas nos seguintes segmentos: geologia, recursos minerais e energéticos; aproveitamento da energia hidráulica; mineração e metalurgia; petróleo, combustível e energia elétrica, inclusive nuclear; energização rural, agroenergia, inclusive eletrificação rural, quando custeada com recursos vinculados ao Sistema Elétrico Nacional; zelar pelo equilíbrio conjuntural e estrutural entre a oferta e a demanda de recursos energéticos no País.

Estes ministérios têm em comum, dentre outras competências, a *sustentabilidade*, como pilar, para garantir o bem-estar social. Até onde, de fato, este é aplicado e colocado em prática — em que pese uma série de conjunturas institucionais — é a medida do tamanho dos danos socioambientais disseminados no país, como a degradação ambiental severa — a desertificação e o esgotamento do patrimônio ambiental.

2.4.1 Bacias hidrográficas: definições e conceitos

A bacia hidrográfica é a unidade espacial de gestão da água e tem sido cada vez mais entendida como tal, o que legitima as regulamentações da sua gestão. Pode ser descrita como um sistema físico-biológico-ambiental, socioeconômico e cultural que abrange certa porção da superfície continental delimitada por interflúvios, os quais fazem convergir as precipitações para o nível de base local — o rio principal — e daí para outro sistema exorreico ou endorreico. As definições são muitas, porém, apesar de apresentar muitos aspectos comuns, divergem ao designar a “bacia hidrográfica”, ora como região compreendida por um território; ora um sistema; ora uma unidade física; ora um ecossistema; ora um conjunto de canais de escoamento; ora um conjunto de terras drenadas; ora toda a área de captação natural da água da chuva. A Tabela 2.6 apresenta algumas definições e conceitos que demonstram essa incompletude, o que pode conduzir à formulação de métodos de análise equivocados ou inconsistentes.

Tabela 2.6. Definições de Bacias Hidrográficas

Agência Nacional das Águas-ANA, 2011	Bacia hidrográfica é a região compreendida por um território e por diversos cursos d'água. Da chuva que cai no interior da bacia, parte escoar pela superfície e parte infiltra no solo. A água superficial escoar até um curso d'água (rio principal) ou um sistema conectado de cursos d'água afluentes; essas águas, normalmente, são descarregadas por meio de uma única foz (ou exutório) localizada no ponto mais baixo da região. Da parte infiltrada, uma parcela escoar para os leitos dos rios, outra parcela é evaporada por meio da transpiração da vegetação e outra é armazenada no subsolo compondo os aquíferos subterrâneos.
Rodrigues e Venturi, 2005 p.147-148	“Um sistema que compreende um volume de materiais predominantes sólidos e líquidos, próximo a superfície terrestre, delimitado interno e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento e de saídas de água e do material por ela transportado, que mantém relações com esses canais”.
Tundisi, 2003, p. 108	“É uma unidade física com fronteiras delimitadas podendo estender-se por várias escalas espaciais”
Tundisi & Matsumura 1995	“É um ecossistema hidrológicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos”
Christofolotti, 1980 p.102	“Conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem, definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração”.
Guerra, 1978, p. 48	“Conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes”
Comitê de Bacia Hidrog. do São Francisco	“É o conjunto de terras que fazem a drenagem da água as precipitações para esse curso de água. É uma área geográfica e, como tal, mede-se em km ² . A formação da bacia hidrográfica dá-se através dos desníveis dos terrenos que orientam os cursos da água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas. Essa área é limitada por um divisor de águas que a separa das bacias adjacentes e que pode ser determinado nas cartas topográficas. As águas superficiais, originárias de qualquer ponto da área delimitada pelo divisor, saem da bacia passando pela seção definida e a água que precipita fora da área da bacia não contribui para o escoamento na seção considerada”.
Secretaria de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul	“Toda a área de captação natural da água da chuva que escoar superficialmente para um corpo de água ou seu contribuinte. Os limites da bacia hidrográfica são definidos pelo relevo, considerando-se como divisores de águas as áreas mais elevadas. O corpo de água principal, que dá o nome à bacia, recebe contribuição dos seus afluentes, sendo que cada um deles pode apresentar vários contribuintes menores, alimentados direta ou indiretamente por nascentes. Assim, em uma bacia existem várias sub-bacias ou áreas de drenagem de cada contribuinte. Estas são as unidades fundamentais para a conservação e o manejo, uma vez que a característica ambiental de uma bacia reflete o somatório ou as relações de causa e efeito da

	dinâmica natural e ação humana ocorridas no conjunto das sub-bacias nela contidas. A bacia hidrográfica serve como unidade básica para gestão dos recursos hídricos e até para gestão ambiental como um todo, uma vez que os elementos físicos naturais estão interligados pelo ciclo da água”.
Rede das Águas	“Conjunto de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. A ideia de bacia hidrográfica está associada à noção da existência de nascentes, divisores de águas e características dos cursos de água, principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes. Uma bacia hidrográfica evidencia a hierarquização dos rios, ou seja, a organização natural por ordem de menor volume para os mais caudalosos, que vai das partes mais altas para as mais baixas. As bacias podem ser classificadas de acordo com sua importância, como principais (as que abrigam os rios de maior porte), secundárias e terciárias; segundo sua localização, como litorâneas ou interiores”.

2.4.2 A política de gestão de bacias hidrográficas no Brasil

O espaço geográfico rural e, dentro dele, a bacia hidrográfica, é o *locus* da ação das políticas estruturantes governamentais para o uso sustentável dos recursos hídricos e ambientais, levadas a cabo por meio dos diplomas legais que orientam para uma ocupação mais adequada e menos nociva socioambientalmente. Deste modo, este espaço e suas múltiplas características se reveste de uma importância extrema, e a interface entre os sistemas solo, água e respectivos usos é o caminho para uma efetiva gestão sustentável. Por tais razões, no estudo da desertificação, importa conhecer melhor a política de gestão de bacias hidrográficas e, nesse caso, a gestão da água, pois este recurso permeia as práticas e formas de manejo das terras — um indicador de desertificação. Sobre tudo no semiárido, a pouca disponibilidade de água é uma questão central na avaliação da desertificação, uma vez que o sistema socioambiental se vê fortemente atingido na sua capacidade de resiliência para restaurar os espaços atingidos.

A assunção de que a água é um bem cuja distribuição espacial e temporal — geográfica, sazonal e interanual — é irregular reflete a urgência em se adotar políticas de gestão mais eficientes. A partir dos anos 1990 ocorreu uma profunda mudança paradigmática, onde a água passou a ser vista como um bem público, finito e que deve ser gerido no seu próprio universo natural — a bacia hidrográfica. A escassez hídrica tem se tornado cada vez mais uma realidade inexorável, e vem estimulando a promoção deste debate.

A experiência vivida pela União Europeia relativa à gestão da água foi a principal referência para a formulação da política de recursos hídricos adotada no Brasil. A Diretiva-Quadro da Água da União Europeia, implantada em 2000, é um conjunto de diretrizes que estabelece um quadro para o desenvolvimento de políticas integradas de proteção e melhoria da qualidade e disponibilidade das águas. Tal Diretiva adotou o princípio da subsidiariedade que busca “determinar o nível de intervenção mais pertinente nos domínios de competências partilhadas entre a UE e os Estados-Membros, e é fundamental para a tomada de decisão a nível europeu e contribui para que estas sejam tomadas o mais perto possível dos cidadãos” (http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/pdf/tapintoit_pt.pdf).

A água passou, deste modo, a ser entendida como patrimônio que deve ser protegido, defendido e tratado como tal, pois é um fator de produção e recurso estruturante do desenvolvimento. Este princípio, o primeiro considerado na Diretiva, é amplo consenso, não apenas na União Europeia, mas também a nível internacional, refletindo a mudança de paradigma da política de gestão da água (Leitão & Henriques, 2002). A Diretiva inovou também ao adotar as Regiões de Bacia Hidrográfica como unidade espacial para a execução

da gestão integrada das águas, ampliando o *status* da bacia hidrográfica enquanto política de ordenamento territorial.

Ramos (2007, p. 9 e 14) apresenta dois exemplos ilustrativos de política de gestão e proteção dos recursos hídricos, fora do Brasil. A alemã, que

[...] combina instrumentos de comando e controle, onde os estados e o governo federal exercem uma função reguladora e fiscalizadora extremamente forte, com a aplicação de alguns instrumentos econômicos, notadamente cobrança pela captação de água superficial e subterrânea e a cobrança pela poluição [...]

E a francesa, que adota um

[...] sistema de gestão que se baseia em Comitês de Bacia ou ‘parlamento das águas’, onde estão representados: o poder público, os usuários e as associações civis interessadas. O sistema conta ainda com a figura das Agências de Bacias, entidades técnicas e financeiras, que dão suporte e implementam as decisões dos comitês.

Na América do Sul as políticas de gestão da água apresentam-se, de certo modo, discrepantes e em diferentes estágios de valorização efetiva da água. A título de exemplo, apresentam-se os modelos do Chile, da Argentina e do Equador. O modelo chileno, estabelecido no Código de Água de 1981, é fortemente neoliberal e foi o primeiro a incorporar a dimensão econômica do recurso hídrico, dotando-o, assim, de direitos de propriedade e da livre transferência dos direitos de seu uso (Torrealba, 2004). Na avaliação de Peña, Luraschi e Valenzuela (2004) a política de águas no Chile, apesar de legitimar a água como um bem de domínio nacional e de uso público, aplica a economia de livre mercado e entrega as ações e decisões de desenvolvimento para a iniciativa privada.

A Argentina delega fortemente às províncias e à capital federal a gestão da água e a maioria dos recursos são geridos por várias jurisdições, o que leva a grandes dificuldades para realizar uma gestão integrada (Mugetti et. al, 2006). A falta de recursos humanos e econômicos aliada à fragmentação institucional é, para os autores, o cerne da grande fragilidade da política da gestão dos recursos hídricos no país.

A Lei das Águas do Equador, de 1972, é uma das mais antigas do continente (López, 2009), o que levou em 2008 à criação de uma Secretaria Nacional da Água, que busca homologar uma nova lei que seja orientada para a gestão descentralizada e contemple a visão ecossistêmica e o desenvolvimento sustentável.

2.4.2.1 Lei nº 9.433/97: Lei das Águas

As definições apresentadas são de caráter técnico, úteis e aplicáveis aos estudos de hidrografia e hidrologia, porém pouco adequadas quando se trata da gestão dos recursos hídricos, visto a abrangência territorial das bacias, a complexidade de seus aspectos geográficos e culturais e a necessidade de gerir a água enquanto um bem de domínio público, como preconizado na Lei nº 9.433/97 — Lei das Águas. Esta Lei orientou a construção do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), construção essa feita a partir da participação e da descentralização, pilares para se garantir a governança e a governabilidade das águas. Sua aprovação pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos ocorreu em 30 de janeiro de 2006.

Deste modo consolidou-se a premissa do artigo 1º da Lei “a água é um bem de domínio público” — parte é da União e parte dos estados e do Distrito Federal.

Persiste com a União a competência privativa para legislar sobre águas, cabendo aos estados legislar em matéria de seu poder-dever de zelar pelas águas do seu domínio, assim como a competência comum, juntamente com a União, o Distrito Federal e os municípios, para registrar, acompanhar e fiscalizar a exploração de recursos hídricos em seus territórios. (Brasil/MMA/SRH, 2006, p. 26).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos objetiva

[...] estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social. (Brasil/MMA/SRH, 2006, p. 13).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, traduzida na Lei das Águas, e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Decreto nº 2.612/98, foi uma ação do Estado brasileiro para atuar, enquanto gestor, do acesso, do uso e da proteção das águas (Santilli, 2001). A Política articula-se e está integrada às outras, conforme dispõe o artigo 3º da Lei nº 9.433, onde se destacam suas interfaces com a agricultura, geração de energia, meio ambiente, e uso e ocupação do solo. Em 2000, para colocar em prática a Política e o Sistema, foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA), Lei nº 9.984, cuja missão é “implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso a água, promovendo seu uso sustentável em benefício das atuais e futuras gerações” (<http://www2.ana.gov.br/>). A ANA institucionalizou os Comitês de Bacia, atribuindo-lhes papel central na gestão dos recursos, e definindo sua competência:

Os Comitês de Bacia são órgãos colegiados locais, cujas atribuições devem ser exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição, cabendo-lhes promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes, bem como arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos, aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia, acompanhar sua execução e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas. (Brasil/MMA/SRH, 2006, p. 32).

Estes diplomas legais trouxeram a sociedade civil para dentro da discussão da apropriação e proteção dos recursos hídricos, compartilhando responsabilidades e legitimando decisões. A Lei das Águas, ao definir a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão, partiu do pressuposto de que a mesma é, também, um território socialmente construído (Cunha & Coelho, 2003). Nesse sentido contempla uma perspectiva mais ampla e menos técnica, sendo uma unidade físico-territorial de planejamento, cujos sistemas físico, biogeoquímico e socioeconômico elaboram mosaicos de paisagens diferenciadas. Contempla o princípio da concertação ambiental — ou seja, a reparação dos danos ambientais causados — que emana da participação coletiva das pessoas que moram e se sustentam dos recursos de uma mesma bacia, junto com os poderes públicos, numa ação de corresponsabilidades (Nascimento, 2010).

2.4.2.2 Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-Bahia

A opção brasileira por um modelo de gestão sistêmico e participativo, muito semelhante ao europeu, conduziu para uma compreensão de bacia hidrográfica, diferenciada e mais adequada, onde cada Estado está livre para gerir suas águas da forma que lhe convier, desde que sejam respeitados os dispositivos da Lei nº 9.433. Deste modo, a Bahia adotou as Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA), espaços que nem sempre coincidem com os limites técnicos de bacia hidrográfica, mas que atendem aos princípios universais da Lei das Águas. Assim, em 2005 a Bahia passou a gerir os recursos hídricos do estado por meio do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), aprovado pela Resolução CONERH nº 01/05, que instituiu as RPGAs⁶ como unidades territoriais para execução do Plano. A delimitação dessas regiões levou em consideração as realidades socioeconômicas e os usos da água mais homogêneos; a distância de deslocamento dos membros dos Comitês de Bacia; a capacidade de mobilização em uma região; e o número de municípios envolvidos.

O PERH/BA tem por objetivo fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento destes recursos no estado. Sua elaboração, segundo a Resolução CONERH/Bahia nº 01/2005

[...] envolveu o diagnóstico dos recursos hídricos, a análise das alternativas de crescimento demográfico, a evolução das atividades produtivas e as consequentes modificações dos padrões de ocupação do solo e foi pautada no balanço entre disponibilidades e demandas futuras de água.

A elaboração do PERH/BA considerou as características das bacias hidrográficas no que se refere aos aspectos territoriais físicos e bióticos, os recursos hídricos e a cobertura vegetal, e uso atual do solo, onde ressalta que a ecorregião Caatinga

[...] se encontra bastante alterada, principalmente as áreas ao longo das margens dos rios, devido ao desmatamento para a implantação de agricultura e pecuária. A maior parte dos 309.070 ha irrigados na Bahia estão implantados nesta ecorregião o que provocou o desmatamento de grandes áreas contínuas. A esse fato, se somou o impacto provocado pela expansão das atividades pecuárias, responsáveis pelo desmatamento de cerca de 33.000 ha (Resolução CONERH/Bahia nº 01/2005).

Tais características indicaram a necessidade de se estabelecer macrorregiões — as RPGAs — cuja finalidade é orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos. Para a delimitação das RPGAs,

[...] associaram-se as ações de desenvolvimento previstas nos planos globais, setoriais e regionais do Estado, às disponibilidades e demandas hídricas observadas nas unidades básicas e bacias hidrográficas, sendo que os recursos hídricos foram considerados segundo três contextos: (i) áreas onde há indicio de déficits hídricos, exigindo melhor aproveitamento dos potenciais e adequada gestão de demanda; (ii) regiões onde os recursos hídricos se constituem em fator de desenvolvimento econômico e social; e, (iii) regiões em que a gestão dos recursos hídricos deve ser

⁶ O Estado da Bahia delimitou em 2009, 26 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas, que em 2011 foi redefinido para 25, pela Resolução CONERH Nº 80.

feita em parceria com outros Estados e com a União. (Resolução CONERH/Bahia nº 01/2005).

Em 2009, a Resolução CONERH nº 43 definiu a RPGA como sendo

“O espaço territorial baiano compreendido por uma bacia, uma sub-bacia, ou grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares em escala regional, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (Artigo 1º, §2º).

Art. 2º - Cada Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) será subdividida na elaboração dos planos de recursos hídricos (Estadual ou da RPGA) em Unidades de Análise, compreendidas por uma bacia, uma sub-bacia, ou grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas mais homogêneas ou similares, de acordo com as necessidades de gestão das águas estaduais da RPGA.

Art. 3º - Para fins de integração dos municípios à gestão de recursos hídricos serão discriminados seus espaços territoriais, total ou parcialmente inseridos nas Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA).

Art. 4º - Para fins de integração das políticas de planejamento do Estado à Política Estadual de Recursos Hídricos, serão relacionados os territórios de identidade e os espaços territoriais dos municípios que os compõem por RPGA”.

2.4.3 A política de gestão ambiental na transversalidade com a desertificação

A gestão ambiental, seus fundamentos e atribuições, apresenta grande transversalidade com a temática da desertificação, visto que, este processo está relacionado com a ausência, ou insuficiência, de uma política ambiental abrangente que assegure, de fato, o uso racional dos recursos ambientais.

Os debates pró criação de uma política ambiental tiveram início nos anos de 1970/1980, mas foi apenas em 1988, que a questão ambiental passou a ganhar grande repercussão nacional, quando da promulgação da Constituição Federal do Brasil. Ao dedicar o Artigo 225, exclusivamente ao meio ambiente, a Constituição deu maior visibilidade e contribuiu para o amplo debate da temática ambiental. Em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a RIO 92 ou ECO-92, elaborou a Agenda 21, em que o Brasil assume o compromisso, enquanto país signatário, de pautar nas políticas públicas, o combate à degradação ambiental e promover medidas mitigadoras para prevenir desequilíbrios ecológicos. Esta atitude demonstrou, àquela época, a predisposição para uma mudança de rumos da política ambiental no Brasil, que poderia minimizar os danos e conter os processos de degradação e de desertificação.

A Agenda 21 é um texto denso e abrange todos os níveis de interesse à preservação ambiental, bem como, define os meios técnicos, científicos, institucionais e financeiros para implementar as deliberações da RIO-92. Em relação direta com a desertificação, o Capítulo 12 — Manejo de Ecossistemas Frágeis: A Luta Contra a Desertificação e a Seca — define como ecossistemas frágeis os desertos, as terras semiáridas, as montanhas, as terras úmidas, as ilhotas e determinadas áreas costeiras. No subcapítulo 12.3 dispõe que

[...] a prioridade no combate à desertificação deve ser a implementação de medidas preventivas para as terras não atingidas pela degradação ou que estão apenas levemente degradadas. Não obstante, as áreas seriamente degradadas não devem ser negligenciadas. No combate à desertificação e à seca, é essencial a participação das comunidades locais, organizações rurais, Governos nacionais, organizações não governamentais e organizações internacionais e regionais.

No subcapítulo 12.4, define os programas para a busca de soluções de manejo dos ecossistemas frágeis:

- (a) Fortalecimento da base de conhecimentos e desenvolvimento de sistemas de informação e monitoramento para regiões propensas a desertificação e seca, sem esquecer os aspectos econômicos e sociais desses ecossistemas;
- (b) Combate à degradação do solo por meio da intensificação das atividades de conservação do solo, florestamento e reflorestamento;
- (c) Desenvolvimento e fortalecimento de programas de desenvolvimento integrado para a erradicação da pobreza e a promoção de sistemas alternativos de subsistência em áreas propensas à desertificação;
- (d) Desenvolvimento de programas abrangentes de antidesertificação e sua integração aos planos nacionais de desenvolvimento e ao planejamento ambiental nacional;
- (e) Desenvolvimento de planos abrangentes de preparação para a seca e de esquemas para a mitigação dos resultados da seca, que incluam dispositivos de autoajuda para as áreas propensas à seca e preparem programas voltados para enfrentar o problema dos refugiados ambientais;
- (f) Estímulo e promoção da participação popular e da educação sobre a questão do meio ambiente centradas no controle da desertificação e no manejo dos efeitos da seca.

A desertificação, para além de estar incluída na Agenda 21, contou com a proposição de programas que visam minimizar o processo, desenvolver formas de convivência, e melhor preparar as populações atingidas para o seu enfrentamento. Este foi um grande avanço para pensar a gestão deste processo, bem como, o legitimou frente à comunidade científica.

Em 1997, a Agenda 21 Brasileira começou a ser organizada, por decreto presidencial da Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 (CPDS) — comissão esta paritária e formada por membros do Governo Federal e da sociedade civil —, com a finalidade de propor estratégias de desenvolvimento sustentável e coordenar, elaborar e acompanhar a implementação da Agenda 21 Brasileira (Brasil, 2015). Em julho de 2002 o texto foi concluído e apresentou uma plataforma de ações prioritárias com 21 objetivos discriminados em cinco grandes temas:

1. A economia da poupança na sociedade do conhecimento;
2. Inclusão social para uma sociedade solidária;
3. Estratégias para a sustentabilidade urbana e rural;
4. Recursos naturais estratégicos: água, biodiversidade e florestas;
5. Governança e ética para a promoção da sustentabilidade.

O tema “Recursos naturais estratégicos: água, biodiversidade e florestas” elenca uma série de objetivos a serem atingidos, dentre eles o XV — Preservar a quantidade e melhorar a qualidade da água nas bacias hidrográficas —, em que há referência explícita à desertificação, “O Brasil tem em seu território mais de 15% da água doce em forma líquida do mundo, mas sua distribuição é desigual: o Nordeste sofre com a desertificação, enquanto a Amazônia é cortada por um sem-número de rios” (p. 66). E no parágrafo seguinte ressalta que “Para

enfrentar todos esses problemas dispomos da Lei de Recursos Hídricos, nº 9.433, aprovada em 1997, e de uma Agência Nacional de Águas - ANA”.

No objetivo XVI do mesmo tema — Política florestal, controle do desmatamento e corredores de biodiversidade, subitem “Ações exemplares nos biomas ameaçados” (p. 73), faz referência mais uma vez à desertificação,

1. Combater a desertificação na região Nordeste, por meio de um programa de combate à miséria, junto com a valorização da tecnologia e da energia renovável, como alternativa substitutiva ao uso incipiente da biomassa, pelo desmatamento.
2. Prover meios e recursos para a utilização de fontes alternativas de energia, de maneira a diminuir o consumo indiscriminado de biomassa, que agrava o desmatamento e acelera o processo de desertificação já instalado.

O documento “Agenda 21 Brasileira: Avaliação e Resultados” (Brasil/MMA, 2015) considera que

[...] a democratização da gestão de águas no País levou - entre os anos de 2003 e 2010 - ao aumento de 3 para 11 Comitês Federais de Bacias Hidrográficas e de 25 para 150 Comitês Estaduais de Bacias Hidrográficas. A consolidação do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos é sem dúvida um dos maiores marcos, tornando o Brasil um dos países de referência internacional pelo modelo implantado para a governança das águas. (Brasil/MMA, 2015. p. 60).

O referido documento avalia também que a revitalização do Rio São Francisco, a partir de 2005, trouxe para o programa “ações voltadas ao reflorestamento de áreas críticas; à proteção e à recuperação de nascentes; ao tratamento de esgotos e resíduos sólidos das cidades e vilas localizadas nas suas margens; ao combate à desertificação; à melhoria da calha navegável do Rio São Francisco; e à educação ambiental” (p. 61).

Como reflexos da Agenda 21 foi estabelecido em 2000 o Sistema Nacional de Unidades de Conservação-SNUC, pela Lei Nº 9985 — um conjunto de unidades de conservação, de proteção integral ou sustentável, que podem ser criadas nas esferas federal, estadual ou municipal.

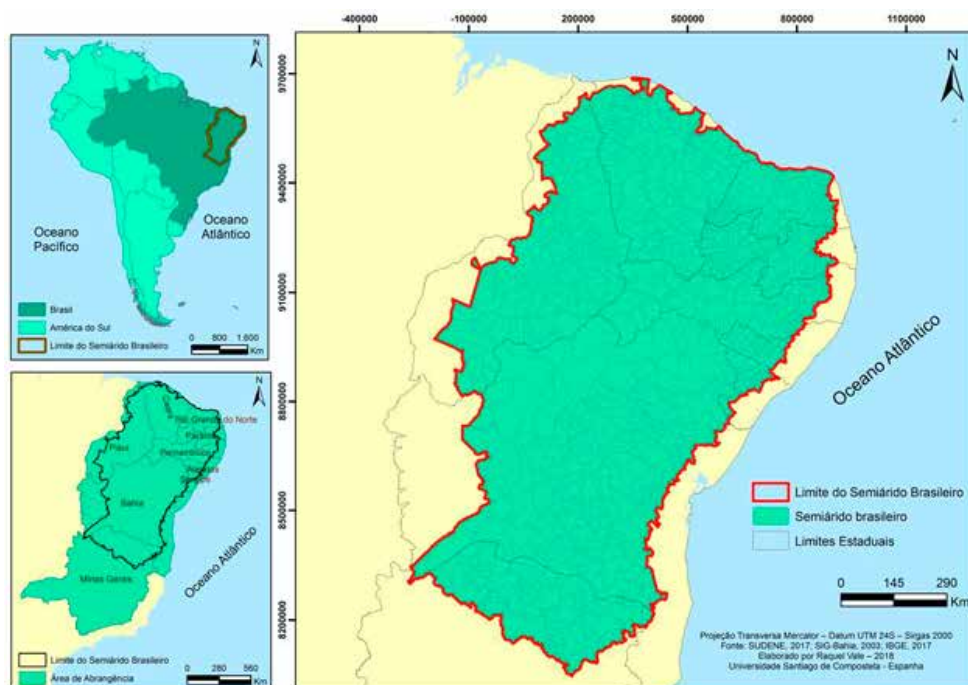
Na medida que, dentre as atribuições do SNUC, está a de proteger os remanescentes florestais de todos os biomas, houve o fortalecimento, por extensão, do princípio do uso sustentável das terras e dos recursos ambientais. Desta forma, o componente ambiental, passou a ser agregado ao tema da desertificação, como um importante instrumento para a gestão integrada deste processo.



3 A ÁREA DE ESTUDO

3.1 O domínio morfoclimático semiárido do Nordeste do Brasil

O Semiárido Brasileiro ocorre em quase todo o nordeste do Brasil e em parte do norte da região Sudeste (Figura 3.1). Apresenta insuficiência hídrica, com irregular e ainda imprevisível distribuição de chuvas. Apesar de avanços significativos nos sistemas de previsão das secas, falta agilidade na transmissão de alertas e ampla disseminação das informações meteorológicas para toda a população que habita os sertões secos, sobretudo as comunidades rurais.



Fonte: Sudene, 2017.

Figura 3.1. Mapa da Região Semiárida do Brasil

A região semiárida, definida em 2005 pelo Ministério da Integração Nacional, alcança uma extensão territorial de 969.589,4 km², onde hoje habitam cerca de 24 milhões de pessoas, segundo avaliação do INSA (2015). As médias pluviométricas anuais nesses cerca de 12% da área total do país, variam entre 300 e 800mm, com temperaturas e amplitudes térmicas médias anuais acima de 26°C e de 6°C, respectivamente, e insolação superior a 3.200 horas/ano que provoca uma acentuada evaporação (Conti, 2005; Ferreira e Mello, 2005; Nimer, 1989). Médias em torno de 600mm atingem perto de 500.000 km², quase o tamanho do território da Espanha, e períodos secos extremos podem durar até 3 anos consecutivos (Girão, 2012).

Os critérios adotados pelo Ministério da Integração Nacional para delimitar esta região foram: i) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; ii) índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico no período entre 1961 e 1990; e iii) risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Os mecanismos que explicam o quadro climático-meteorológico e as secas persistentes no nordeste do Brasil são encontrados na circulação atmosférica sobre a América do Sul e sobre esta região, bem como no comportamento dos oceanos Atlântico e Pacífico (Nobre et al., 2006). Em contrapartida, eventos de La Niña intensos se traduzem por anos chuvosos (Molion & Bernardo, 2002). Uvo & Berndtsson (1996) identificaram os sistemas propulsores das secas sobre a região:

“[...] 1) Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); 2) Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); 3) Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, 4) Frentes Frias, e 5) Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), linhas de Instabilidade (LI), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (Ramos et Ali, 1994), e efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação[...]” (Uvo & Berndtsson, 1996, apud Ferreira e Mello, 2005, p. 16).

É cada vez mais provável que o El Niño Benguela seja um fenômeno que também controla o aumento das precipitações sobre o semiárido nordestino, segundo Repossi & Canziani (2009). Trata-se de um evento extremo, quente e intermitente, que ocorre no SW da África e provoca chuvas abundantes na Namíbia e em Angola, devido a anomalias de temperaturas positivas nas águas subsuperficiais equatoriais do centro-oeste do Atlântico Sul, que afloram na costa africana. Os estudos são ainda escassos, mas os autores destacam os trabalhos de Shannon e outros, 1986; Florenchie e outros, 2003, 2004; e Reason e outros, 2006. As pesquisas para a região semiárida brasileira têm sido realizadas por Jatobá e outros (2017), Jatobá & Galvincto (2016), e Hounsou-Gbo (2015).

Sob tais condições climatológicas de forte contraste predomina no semiárido a Caatinga, bioma registrado apenas no território brasileiro e, no entanto, um dos mais degradados pelo homem. Se estende por 734.478 km², cerca de 75% da região Nordeste, cuja principal característica é a extrema heterogeneidade que “inclui pelo menos uma centena de diferentes tipos de paisagens únicas, a biota é rica em espécies e em endemismos e é mais diversa que qualquer outro bioma no mundo, o qual esteja exposto às mesmas condições de clima e de solo” (Brasil/MMA, 2003, p. 9). As caatingas são controladas pelos fatores topoclimáticos e edáficos e por isso apresentam-se muito diversas. Na década de 1930 o botânico alemão Philip von Luetzelburg “distinguiu nada menos que 12 tipos de caatingas [...] atendendo à frequência de determinadas plantas e ao aspecto daí resultante” (Bernardes, 1999). Sá, Riché e Fotius (Brasil/MMA, 2003, p. 24) identificaram neste bioma: 1) domínio da vegetação hiperxerófila, nas áreas secas acentuadas, (34,3%); 2) domínio da vegetação hipoxerófila, nas menos secas, (43,2%); 3) ilhas úmidas (9,0%); e 4) agreste e área de transição (13,4%).

Barbosa, Huete e Baethgend (2006) acompanharam a variabilidade da vegetação no nordeste brasileiro, num período de 20 anos, por meio da avaliação do NDVI — os índices de maior cobertura vegetal ocorrem entre abril e maio, período chuvoso, e os de menor, em setembro e outubro, pico da estação seca. Em uma escala anual, ao longo dos vinte anos de estudo, as variações do NDVI foram visivelmente diferentes durante a estação de

crescimento. Os autores verificaram que ocorrem fortes oscilações sazonais entre fevereiro e maio, com maiores NDVI em abril e maio. Observaram uma tendência consistente, para cima, na vegetação verde no período de 1984-1990, que foi fortemente revertido no período subsequente de 1991-1998. Estas tendências ascendentes e descendentes acompanham uma oscilação interanual de 7 a 8 anos, que corresponde ao ciclo de secas. Gurgel (2003) verificou, em estudos sobre a variabilidade espacial e temporal do NDVI sobre o Brasil, que em anos de El Niño o Nordeste passa por uma diminuição das precipitações e um período seco bem definido, com pouca variabilidade do NDVI. Estas informações convergem para um mesmo ponto — que existe de fato uma grande influência do El Niño sobre a periodicidade das secas na região nordeste do Brasil (Leivas et al., 2014), porém não é a única causa do fenômeno. Demonstra também o quanto a vegetação da região semiárida é sujeita ao El Niño e o quanto tem que se adaptar às secas extremas que o acompanham.

Este é um domínio onde os fatores climáticos impõem aos fatores geocológicos locais a geração de uma grande diversidade de paisagens semiáridas, sendo que as configurações dos relevos são muito importantes para determinar tais diferenças (Melo, 1958; Monteiro, 1988, apud Conti, 2005). Sua localização é controlada pelas depressões⁷ Sertaneja e São Franciscana, em altitudes que variam entre 200 e 400m, desenvolvidas principalmente sobre rochas metamórficas de matriz magmática e sedimentar. Nestas depressões, predominam solos rasos e pedregosos, lajedos e areões, acentuadas taxas de insolação e evaporação que concorrem para a instalação de um sistema ambiental frágil, onde o bioma caatinga é majoritário e submetido a longos períodos de seca absoluta. Ocorre também floresta estacional e remanescentes de cerrado. Os sistemas fluviais são, em sua maioria, intermitentes, entretanto, o exorreísmo contribui para a ausência de taxas de salinidade muito elevadas no solo e nos lençóis de água subterrâneos, favorecendo, sob certas restrições, a ampla ocupação do espaço e a utilização dos recursos ambientais (Ab'Saber, 1974).

Na Bahia a região semiárida ocupa quase 70% do território e atinge 256 dos 417 municípios que compõe este estado. Segundo o Instituto Nacional do Semiárido (Brasil/INSA, 2014) a região abrigava 7.227.399 habitantes, cerca de metade da população total estadual; existiam, em 2006, 579.288 estabelecimentos agropecuários distribuídos em 19.050.735 de hectares — a agricultura familiar ocupava 88% dos estabelecimentos em apenas 43% da área — mesma proporção verificada para a região nordeste brasileira. A média anual das precipitações encontram-se abaixo de 800mm, mas, devido à grande extensão espacial dessa região, áreas de aridez mais acentuada e com maior incidência de secas ocorrem na porção nordeste do estado (Brasil/MMA, 2004).

A região semiárida da Bahia tem uma histórica estrutura de relações sociais e de produção — ainda arcaica — com forte pressão sobre os recursos naturais, sobretudo água, solos e vegetação. O uso do solo é limitado e condicionado pelas condições mutantes do clima, onde 80% a 90% das chuvas ocorrem entre o verão e o outono — dezembro a junho — (Girão, 2012), o que conduz a uma grande fragilidade das atividades produtivas e do próprio sistema ecológico. Assim, as práticas de manejo agrorural tornam-se profundamente dependentes da ocorrência das chuvas, um dos fatores que mais contribuem para desenvolver a desertificação (Monteiro, 2001), e demonstra o quanto as áreas atingidas são vulneráveis às atividades produtivas locais.

⁷ No território brasileiro, as depressões constituem superfícies que foram esculpidas por erosão circundenudacional, derivada das alternâncias de ciclos climáticos secos e úmidos, que atuaram ao longo do Terciário Superior e Quaternário Inferior.

A pecuária extensiva e semiextensiva e a agricultura de subsistência são as bases da economia regional e carregam uma história de práticas agrícolas realizadas por meio do desmatamento massivo e do uso insustentável dos recursos ambientais, como se deu em todos os espaços semiáridos brasileiros. Terras agrícolas exauridas são abandonadas ou substituídas por pastos. Com isto tem-se uma dinâmica que resulta em degradação contínua, que acompanha essa ocupação socioespacial, e que vem se agravando progressivamente e produzindo não só a perda dos recursos — com a transformação e supressão dos ecossistemas naturais —, mas também desestruturando bases produtivas locais e regionais (Costa Neto et al., 2011). Os reflexos sociais são muito negativos, sobretudo pobreza, analfabetismo, desagregação das famílias, violência e êxodo. O estresse ambiental decorrente é potencializado, resultando em perda ecológica, falência das estruturas e organizações sociais, e migração.

a. A RPGA-MC: a base física

3.2.1 A Litologia

O substrato geológico regional no qual se encontra a RPGA-MC é formado por duas províncias geológicas — Província São Francisco Norte, que corresponde ao setor norte do Cráton São Francisco, e a porção sul da Província Borborema (Figuras 3.2, 3.3 e 3.4).

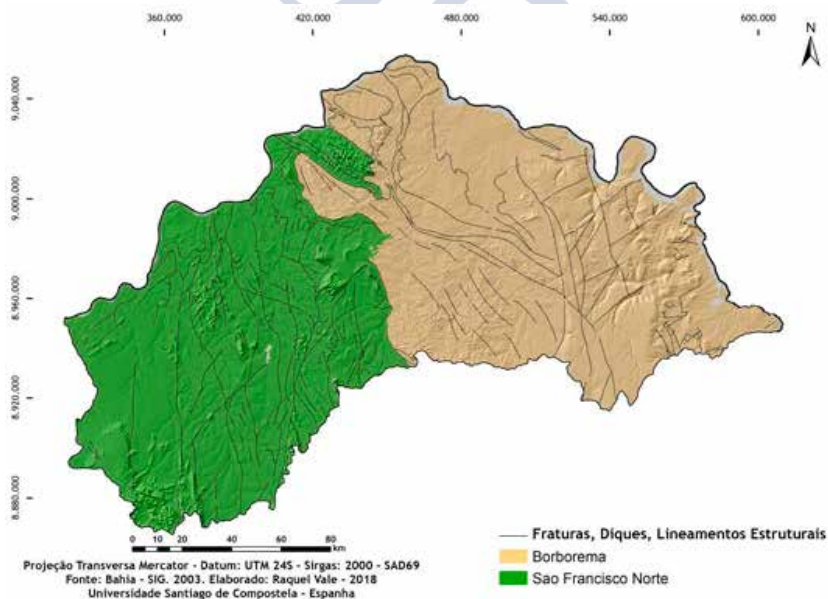
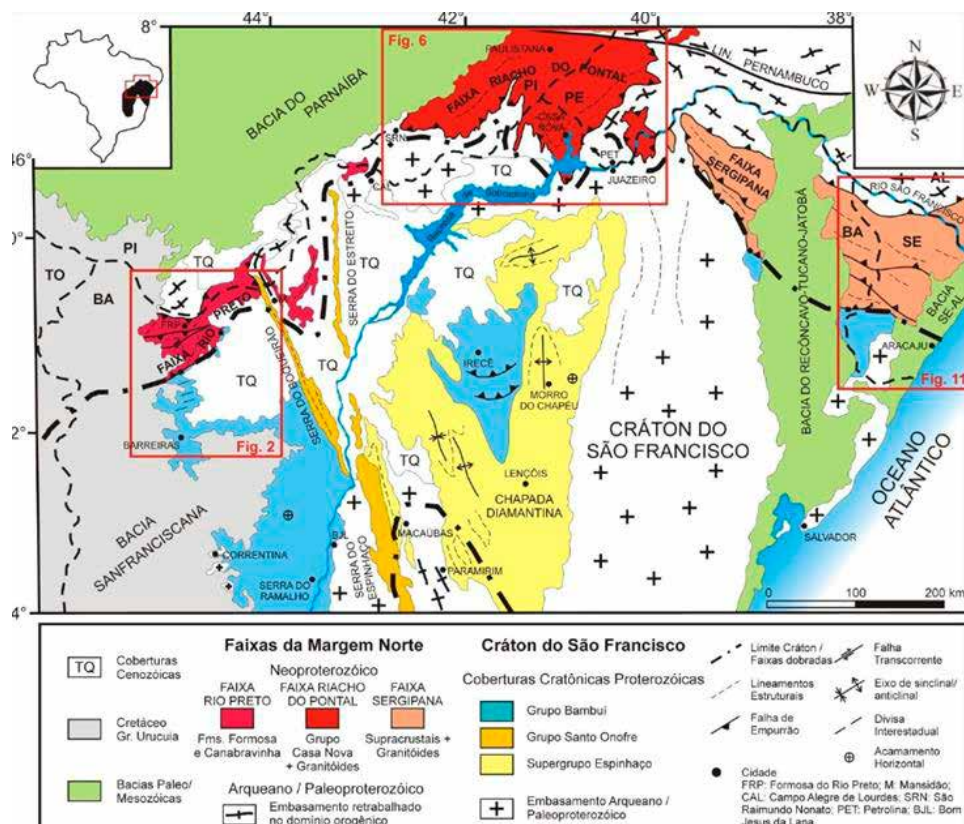


Figura 3.2. Mapa das Províncias Geológicas

O Cráton do São Francisco é unidade tectônica do embasamento da plataforma sul-americana, composto por núcleos arqueanos unidos por cinturões orogênicos paleoproterozóicos (Alkmim, 2004) “descrito como um mosaico de unidades estruturais, gerado por sucessivos mecanismos tectônicos que podem ser expressos por acreções crustais e/ou colisões continentais do final do Paleoproterozóico” (Barbosa et al., 2003, p. 4). A

orogênese Brasileira, segundo Ussami (apud Barbosa et al., 2003), delineou os limites desta unidade geológica — Cinturões Riacho do Pontal e Sergipano; Cinturão Araçuaí; Cinturão Brasília; Cinturão Rio Preto; e uma pequena faixa de rochas dobradas localizada mais ao norte do Cráton. No contexto regional da RPGA-MC este Cráton foi submetido a rifting decorrente da separação entre o continente sulamericano e africano, durante o Jurássico/Cretáceo, cuja sedimentação após abortamento do *rift*, deu origem à bacia sedimentar do Recôncavo-Tucano-Jatobá.

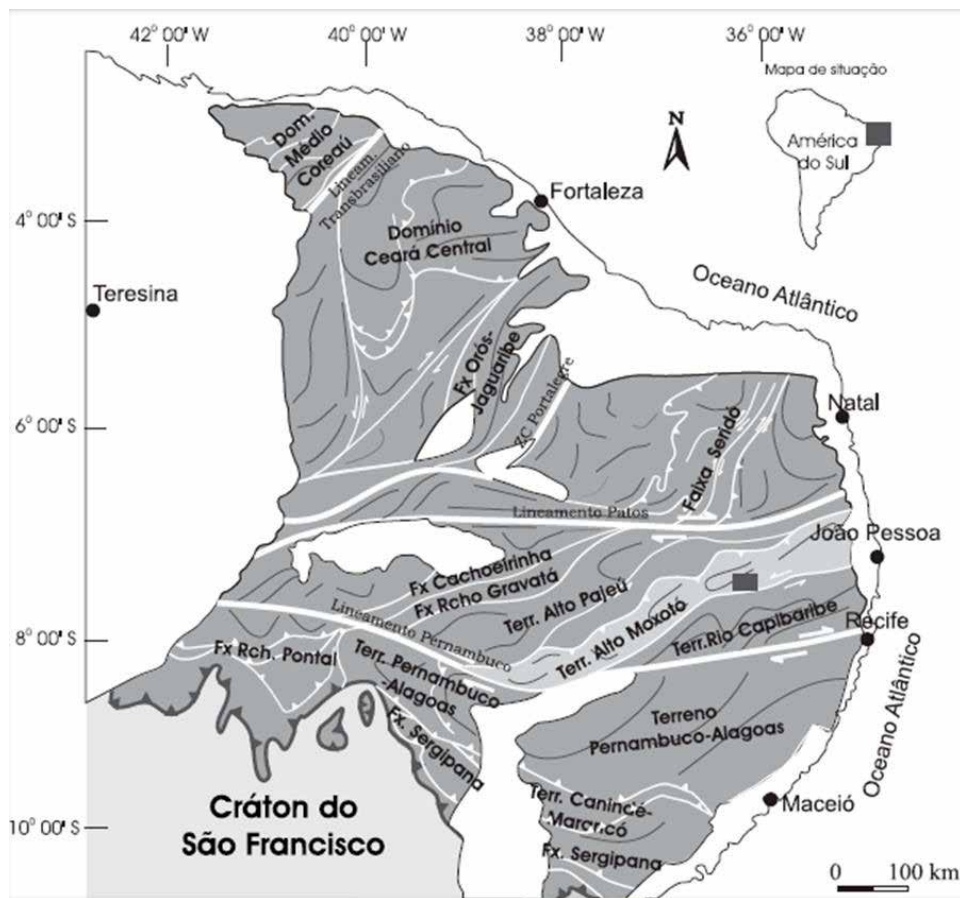


Fonte: Uhlein et al., 2011.

Figura 3.3. Mapa geológico simplificado da porção norte do cráton do São Francisco e das faixas dobradas Rio Preto, Riacho do Pontal e Sergipana, da Província Borborema.

Em 1990 Brito Neves apresentou uma coluna estratigráfica para o Brasil, fundamentada no conceito de ciclicidade — fases orogenéticas sucedidas por fases tectônicas de submergência e oscilatória — que explica a gênese da Província Borborema. De acordo com Mabessone (2002), em concordância com as ideias de Brito Neves, esta Província começou a se constituir no Paleoproterozóico. No Neoproterozóico passou por intensa atividade tectônica — os ciclos orogenéticos Cariris Velhos e Brasileiro (Brito Neves et al., 1995). Nessa fase inicial de formação sua extensão atingia a África formando o continente Gondwana. Até o final do Jurássico predominou certa estabilidade tectônica, rompida pelo Ciclo Orogenético Alpino, também designada reativação Wealdeniana por Almeida em 1968 (Maia, Claudino

Sales & Peulvast, 2006; Peulvast & Claudino Sales, 2003), que se estendeu até o Terciário. Resultou na abertura do oceano Atlântico e na definitiva individualização da Província Borborema em território brasileiro, bem como promoveu a sedimentação da bacia do Recôncavo-Tucano-Jatobá (Magnavita et al., 2003). A Província Borborema é descrita por Osako et al. (2011, p.310) como “parte integrante do extenso sistema orogênico Brasileiro/Pan-Africano gerado pela convergência dos crátons Amazônico, São Luiz-Oeste Africano e São Francisco-Congo, durante o Neoproterozóico e responsável pelo amalgama do Gondwana Ocidental”.



Fonte: Santos et al., 2004. (cinza representa rochas ígneas e branco bacias sedimentares fanerozoicas).

Figura 3.4. Província Borborema

A Tabela 3.1 apresenta as unidades geológicas predominantes na RPGA-MC. A Unidade Macururé formou-se durante o Neoproterozóico, quando ocorreram os ciclos orogênicos Cariris Velhos e Brasileiro, é constituída por rochas metamórficas: micaxisto, mármore, quartzito, arcóseo, arenito e conglomerado. A Suíte Chorochó se desenvolveu no Mesoproterozóico, época de grande atividade tectônica, com choque entre placas e orogênese, que fundiram quase todas as áreas continentais no gigantesco continente Rodínia.

Metagranodiorito, metamonzodiorito, metamonzogranito e arenito arcoseano são os litotipos mais frequentes nessa Suíte. A Formação Marizal foi depositada durante o Cretáceo por sistemas fluviais e leques aluviais que deram origem a arenito, conglomerado, folhelho e siltito, que acompanharam o Ciclo Orogenético Alpino. A distribuição espacial dos calcários da Formação Caatinga, Plio-Pleistoceno, sugere que sua deposição foi acompanhada por barramento do Rio São Francisco (Mabesoone et al., 1977). Auler et al. (2003) descrevem o calcário Caatinga como puro e muito heterogêneo, ora maciço, ora pulvulento, que raramente superam os 20m de espessura, gerado em ambiente de água doce (Suguio et al., 1980) ou, segundo Penha (1994), por processos pedogenéticos em rocha carbonática do Grupo Una. Auler (1999) considerou uma origem palustre, que agrega e contempla as avaliações dos autores que o precederam.

Tabela 3.1. Unidades geológicas predominantes na RPGA-MC

Província	Unidade predominante	Idade	Litotipos
São Francisco Norte	Formação Caatinga	Cenozoico. Quaternário (Plio-Pleistoceno)	Calcário
Borborema	Formação Marizal	Mesozoico. Cretáceo	Arenito, Conglomerado Folhelho, Siltito
São Francisco Norte	Unidade Macururé	Neoproterozóico	Micaxisto, Mármore, Quartzito Arcóseo, Arenito, Conglomerado
São Francisco Norte	Suíte Chorrochó	Mesoproterozóico	Metagranodiorito Metamonzodiorito Metamonzogranito Arenito Arcoseano

Fonte: Sistema de Informação Georreferenciadas - SIG-BAHIA, 2003

O arcabouço geológico da RPGA-MC envolve rochas das Províncias São Francisco Norte e Borborema (Figura 3.5). As estruturas deformacionais do tipo fraturas e dobras, bem como lineamentos estruturais, não estão exibidos nesse mapa. A versão mais recente do Mapa Geológico do Estado da Bahia (Bahia/CPRM, 2003) na escala 1:1.000.000 discrimina uma série de deformações rúpteis e dúcteis:

- Sistemas de falhas de direção N/S e NW/SE do Orógeno Itabuna/Salvador/Curaçá; Sistema de falhas e cisalhamento no extremo SE da RPGA-MC do sistema Estância/Palmares; Falhas e cisalhamento no contato da Unidade Macururé, Unidade Cabrobó e Suíte Chorrochó com litologias adjacentes;
- Falhas e cisalhamento no contato do embasamento ígneo do Bloco Serrinha e rochas sedimentares da bacia sedimentar de Tucano;
- Grande sistema de diques no quadrante SW da RPGA-MC;
- Dobras no Gnaiss Bogo relacionadas ao limite norte do Cráton São Francisco (Província São Francisco Norte) e faixas dobradas Riacho do Pontal da Província Borborema;
- Inúmeros lineamentos estruturais no embasamento ígneo;
- Ausência de deformações nas rochas sedimentares do Tabuleiro de Tucano.

Estas estruturas geológicas que deformaram a região da RPGA-MC, sobretudo falhas, lineamentos e diques, orientam os relevos de serras, serrotes, morros e inselbergues alçados nas superfícies pediplanadas, em especial na porção ocidental da bacia. O tabuleiro ocupa quase todo o quadrante oriental da área, na direção N/S, eixo da Bacia de Tucano.

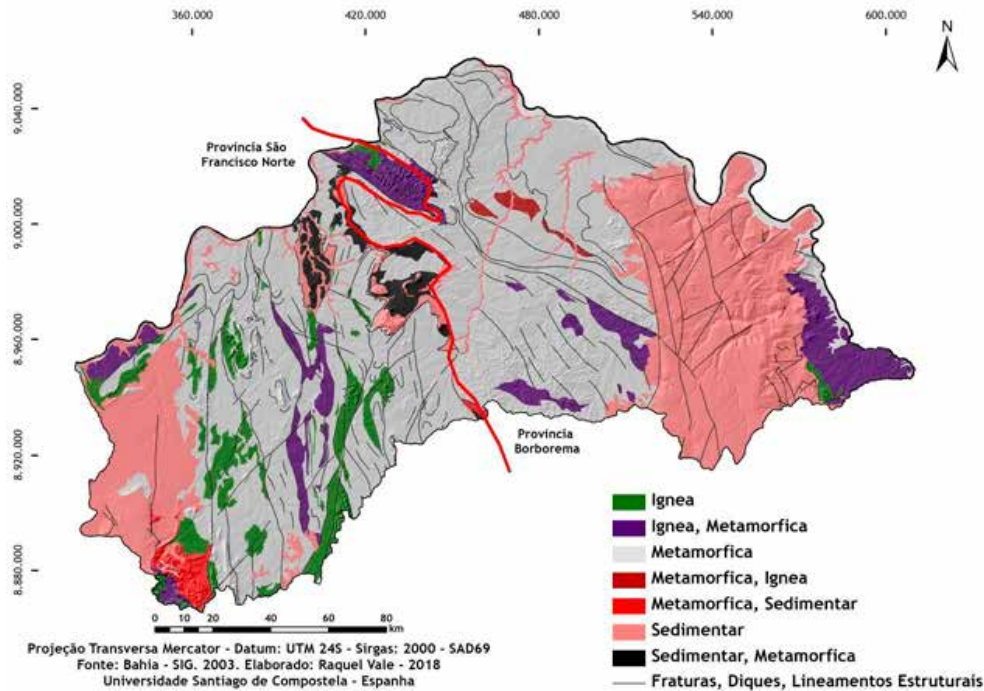


Figura 3.5. Mapa das classes de rochas

3.2.2 O Relevo

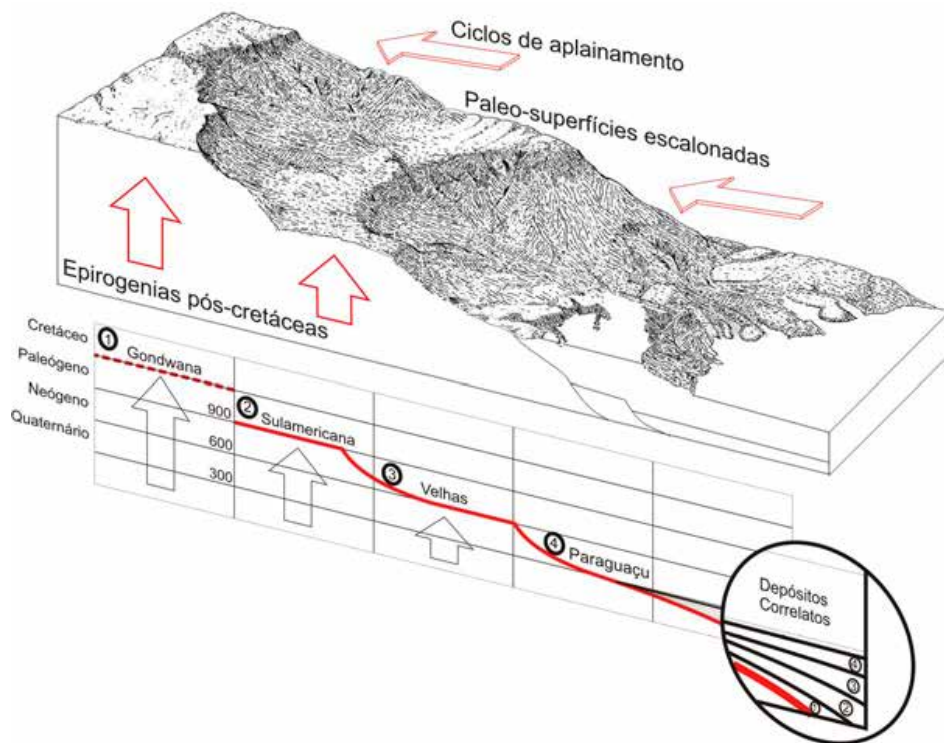
Estudos realizados desde os anos 1950 sobre a origem dos relevos da região semiárida do nordeste brasileiro (Tabela 3.2) apontaram que as suas feições geomorfológicas possuem uma gênese morfoclimática cíclica, acompanhada de atividade tectônica também cíclica (Mabesoone, 2000). O conceito de ciclicidade utilizado por Brito Neves em 1990 mostra-se, mais uma vez, adequado. Estas dinâmicas geraram processos de pediplanação que levaram, ao longo do tempo, a grandes superfícies rebaixadas e horizontalizadas do relevo.

Tabela 3.2: Modelos da evolução geomorfológica do Nordeste Brasileiro

Autor	Modelos da evolução geomorfológica do NE Brasileiro
Lester King, 1956	A evolução do relevo é cíclica e os processos de pediplanação são interrompidos por fases de soerguimento. A flexura continental produziria o aplainamento do relevo.
Jean Dresch, 1957	Identificou 3 paleosuperfícies de aplainamento. Mudanças climática e tectônica: fases pedogenéticas de clima quente e úmido alternadas às fases morfogenéticas de pediplanação em clima quente e seco, com chuvas violentas e esporádicas.
Jean Demangeot, 1960	Identificou 4 paleosuperfícies de aplainamento resultantes da alternância de eventos erosivos sucedendo fases epirogênicas.

Aziz Ab' Saber, 1960, 1969 João Bigarella, 1994, 2003 Andrade & Lins, 1965 Mabesoone & Castro, 1975	Identificaram 5 paleosuperfícies de aplainamento resultantes de fases de aplainamento provocadas por soerguimento de um núcleo continental, com rebaixamento do nível de base regional (epirogenias pós-cretáceas acompanhadas por fases de dissecação e pediplanação). As sequências sedimentares Mesozoica e Cenozoica resultaram da erosão decorrente deste soerguimento.
Erhart, 1955 Bigarella, Mousinho & Silva, 1965 Bigarella & Mousinho, 1966 Rodhenburg, 1970 Bigarella & Mazuchowski, 1985	Alternâncias climáticas no Quaternário impuseram os dois grandes grupos de processos morfodinâmicos na elaboração do relevo: degradação lateral e dissecação vertical.
Bigarella, Marques & Ab'Saber, 1961	Os climas secos semiáridos e a pediplanação seriam a origem da maioria das superfícies aplainadas do território brasileiro. A alternância entre condições semiáridas e úmidas seria fenômeno cíclico. Pedimentos no território brasileiro: P ₃ - glaciação Nebrasca; P ₂ - glaciação Kansas; P ₁ - glaciação Illinois.
Lester King, 1956 Mabesoone e Castro, 1975 Dresch, 1957 Demangeot, 1960	Ciclo Paraguaçu (Pleistoceno-Holoceno); Ciclo Velhas (Mioceno-Plioceno) Peneplanação Sul-Americana (Paleoceno-Eoceno) seguido por um soerguimento (Oligoceno) Superfície Gondwana e Superfície Pós-Gondwana (Cretáceo) Superfície Desértica (Triássico) Superfície Fóssil (Carbonífero)
Saadi, 1993	Verificou que fases de maior atividade tectônica nos Andes provocam a reativação de falhas no Brasil.
Saadi & Torquato, 1994	Arqueamentos da crosta acompanhavam a evolução morfoestrutural, por intumescência na escala do núcleo nordestino, ou ocorrência de vários pontos ou eixos de elevação crustal, espacialmente relacionados com as principais direções tectônicas regionais. Um soerguimento poligênico provocaria erosão linear e entalhe dos vales fluviais, o que esculpiria vertentes que evoluíram por recuo paralelo, preservando a altimetria: a paleosuperfície.
Valadão, 1998	Os soerguimentos mais importantes no Brasil oriental correspondem aos de maior atividade tectônica nos Andes
Saadi, 1998 Peulvast & Claudino Sales, 2000, 2003, 2006, 2007	A morfotectônica e a neotectônica são válidas para explicar a evolução do relevo.
Bezerra et al., 2001, 2007, 2008	A evolução geomorfológica do Nordeste Brasileiro se deu/dá por pediplanação, resposta a um soerguimento uniforme, que elabora superfícies de erosão. Tectonismo intraplaca e reativação pós-rift: a atividade sísmica intraplaca comprova a atividade tectônica quaternária no NE.

Maia e outros (2010, p. 9) apontam os primeiros e mais importantes trabalhos sobre a geomorfologia da região semiárida do nordeste brasileiro: Ab'Sáber e Bigarella (1961), Bigarella (1994, 2003), Andrade e Lins (1965), Mabesoone e Castro (1975), onde “interpretaram essa morfologia como resultante de sucessivos ciclos de aplainamentos induzidos por rebaixamentos do nível de base, e estes por sua vez derivados de processos epirogênicos pós-cretáceos”. Esta morfodinâmica está sintetizada na Figura 3.6, modelo da pediplanação que afetou a região semiárida nordestina, entre o Cretáceo e o Quaternário, onde cada superfície de erosão elaborada foi designada, respectivamente, da mais antiga para a mais jovem, como 1. Gondwana, 2. Sulamericana, 3. Velhas e 4. Paraguaçu. À cada uma correspondem depósitos correlativos.



Fonte: Maia e Bezerra, 2009

Figura 3.6. Modelo de pediplanação e superfícies escalonadas do nordeste brasileiro.

Os fundamentos teóricos acerca das superfícies aplainadas que recobrem parte de todos os continentes remontam aos trabalhos iniciais de William Morris Davis, que em 1899 apresentou a Teoria da Peneplanação. Em 1924, Walther Penck propôs um outro modelo evolutivo, Teoria do *Primärrumpf*, baseado na concepção de que o relevo resulta de forças endógenas e exógenas. Quase três décadas depois, em 1956, Lester Charles King apresentou sua Teoria de Pediplanação, atribuindo aos climas secos papel fundamental para a formação das superfícies planas. Em 1957 e mais tarde em 1982, Julius Büdel e a Teoria da Etchplanação, foi um dos primeiros a observar a necessidade de relativa estabilidade tectônica e condições tropicais semiúmidas, enquanto condicionantes da gênese de tais superfícies. Georges Millot, em 1983, apresentou a Teoria do Aplainamento por Mudanças Climáticas, onde as superfícies aplainadas estariam relacionadas à condições áridas ou semiáridas, porém sendo antecedidas por climas mais úmidos para intemperização química das rochas e formação de mantos de alteração.

O mapa geomorfológico (Bahia/SIG, 2003), na escala de 1:1.000.000, identificou para a região de abrangência da RPGA-MC (Figura 3.7) o predomínio quase absoluto das Depressões Periféricas e Interplanálticas, constituídas por *pedimentos funcionais ou retocados por drenagem incipiente*, desenvolvidos em rochas do embasamento cristalino. A segunda maior unidade corresponde aos Tabuleiros de *topos aplanados e bordas desniveladas e planos embutidos às encostas*, elaborados em rochas sedimentares. A grande generalização dessa

escala não permite identificar a riqueza dos relevos desenvolvidos na RPGA-MC, o que levou a definir como um dos objetivos específicos desta tese, elaborar o Mapa das Unidades Geomorfológicas da RPGA-MC. O subcapítulo 5.3 irá analisar o relevo, de forma mais detalhada, correlacionando-o aos processos geomorfológicos e à desertificação.

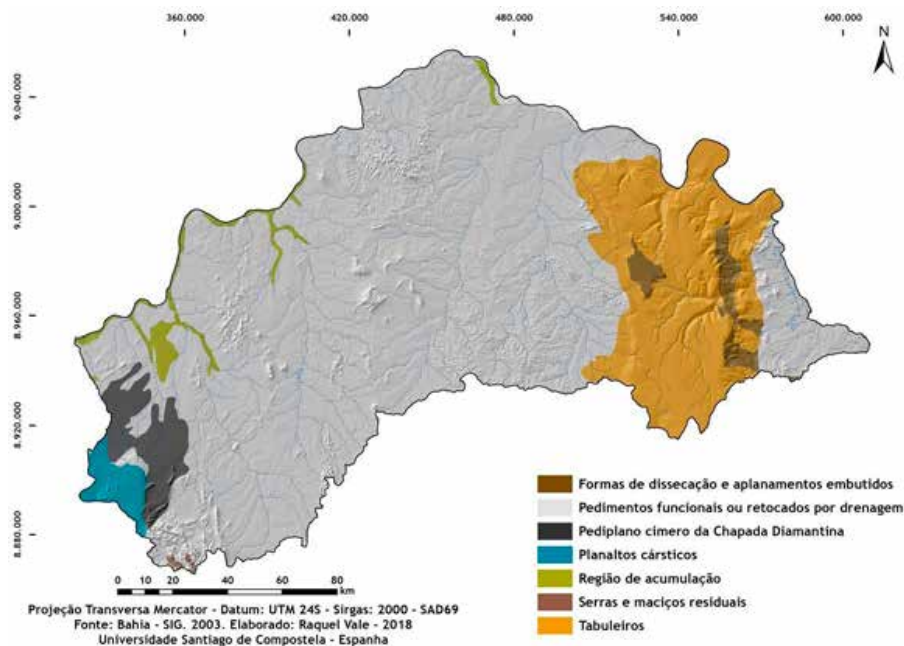


Figura 3.7. Mapa Geomorfológico Simplificado

3.2.3 O Clima

A RPGA-MC encontra-se sob o domínio climático semiárido, com precipitações totais anuais entre 400 e 500mm; somente em uma pequena porção no SW da bacia alcança valores maiores, entre 500 e 700mm (Figura 3.8; Bahia/SIG, 2003). Esta é uma das regiões mais secas da Bahia e do nordeste brasileiro, onde a insuficiência hídrica é um dos fatores mais importantes para a conformação das paisagens e das atividades produtivas. Entre Juazeiro e Paulo Afonso, por exemplo, a seca pode se prolongar por até onze meses (Nimer, 1988), e no Raso da Catarina — área de recarga do rio Macururé — as médias anuais estão entre 300 e 400mm, das mais baixas do nordeste brasileiro (Conti, 2005).

Lamentavelmente, as estações meteorológicas do estado da Bahia ainda são numericamente insuficientes e mal distribuídas; por este motivo, existem poucos dados para a região em estudo — um grande “vazio de dados”. Assim, lançou-se mão dos balanços hídricos de Paulo Afonso, localizado no extremo leste da bacia, de Monte Santo e Senhor do Bonfim, municípios ao sul da bacia, e Cabrobó e Petrolina, no estado de Pernambuco (Figura 3.9 e Anexos I a V), elaborados para o período de 1961 a 1990 pela Embrapa/Banco de Dados Climáticos do Brasil, e dos dados do Balanço Hídrico do Estado da Bahia, publicado pela SEI em 1999, que ilustram o quanto a situação hídrica regional é insuficiente e, ao mesmo tempo, vital para a região.

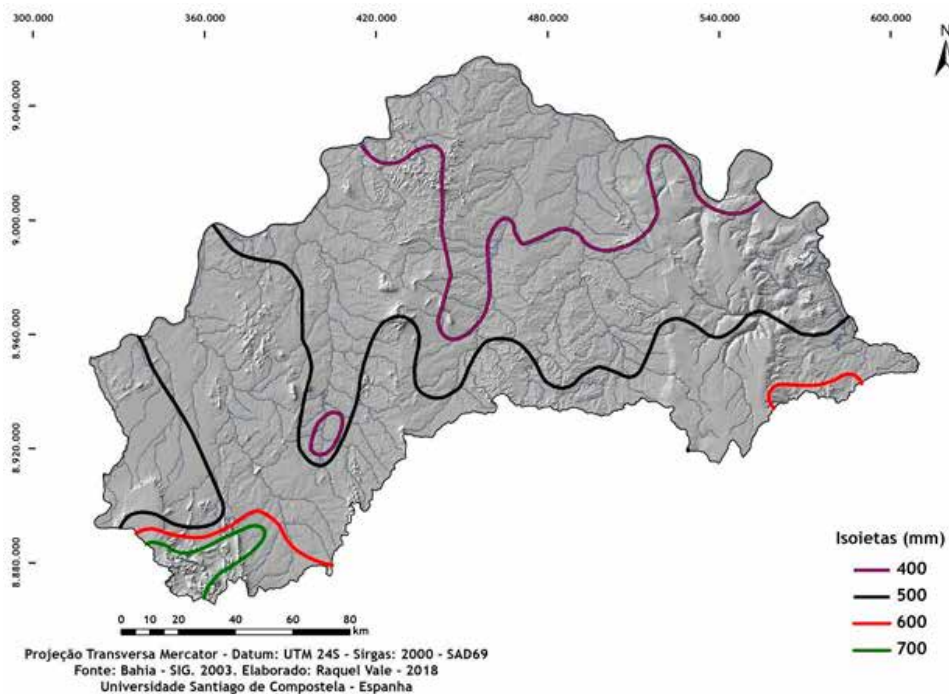


Figura 3.8. Mapa de Isoietas (mm)

O balanço hídrico é um instrumento que permite avaliar a deficiência e o excedente de água, bem como a quantidade que permanece armazenada no solo de determinada região. A Tabela 3.3 sintetiza os dados extremos dos balanços hídricos, onde se verifica o forte antagonismo climático existente entre o verão e o inverno, e também a inexistência, em todos os meses do ano, e em todos os períodos estudados, de excedente hídrico. Isto significa que, depois da saturação do solo, o volume de água disponível para o escoamento superficial e abastecimento dos cursos d'água é insignificante, o que resulta na acentuada intermitência e efemeridade destes canais.

As maiores temperaturas (25,7°C a 28,5°C) ocorrem entre os meses de novembro e janeiro e concentra o período chuvoso (78 a 148 mm); as temperaturas mais baixas, em junho e julho (19,8°C a 24,5°C); e os meses mais secos, de agosto a outubro (3 a 34 mm). As amplitudes térmicas anuais são pouco significantes (2,8°C), porém as pluviométricas são muito acentuadas (145 mm) e indicam, mais uma vez, que a insuficiência hídrica na bacia é predominante, o que repercute desfavoravelmente nos demais sistemas dependentes de água — os ambientais e os produtivos. Os dados do balanço hídrico da SEI (Bahia, 1999) apontam que as máximas precipitações mensais estão concentradas entre março e abril, e as mínimas entre agosto e setembro (Anexos I a V).

formações vegetais que se desenvolveram na região. As fontes cartográficas indicam o forte predomínio do bioma Caatinga — ecossistemas Caatinga Parque, Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva e Caatinga Arbóreo-Arbustiva. (Tabela 3.4 e Figura 3.10).

Tabela 3.4. Tipos de Vegetação na RPGA-MC

Fonte	Tipos	Escala
Sistema de Informação Georreferenciadas - Sig-Bahia. 2003	Caatinga Parque	1:1.000.000
	Caatinga Arbóreo-Arbustiva	
	Floresta Estacional	
	Campo Rupestre	
	Agricultura e Pecuária	
Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Bahia. 2007	Caatinga Arbórea	1:1.500.000
	Caatinga Arbustiva	
	Caatinga Parque	
	Campo Rupestre	
	Floresta Estacional	
	Áreas de Transição	
	Mata Ciliar	
	Area Antropizada	

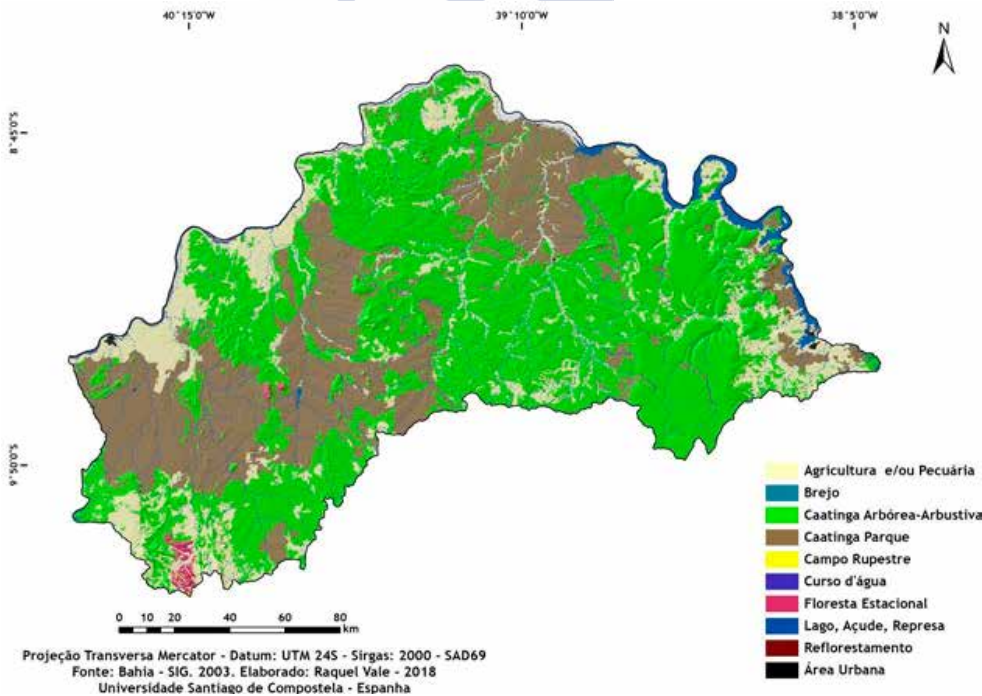


Figura 3.10. Mapa de Vegetação e Uso dos Solos

Este bioma pode apresentar uma estrutura de floresta arbórea, muitas vezes espinhosa, de 6 a 10m de altura, semicaducifolia, com sub-bosque de arbustos caducifolios e ervas anuais,

onde predominam especialmente as leguminosas, até caatingas semiarbustivas com predominância de cactáceas, euforbiáceas e bromélias (Queiróz et. al, 2006).

A importância ecológica das caatingas que recobrem a RPGA-MC, um dos últimos espaços de cobertura contínua deste bioma no estado da Bahia, justificou a criação de Unidades de Conservação (Tabela 3.5) para proteger estes remanescentes. Estas caatingas são parte integrante do Corredor Ecológico da Caatinga, criado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2006 (Brasil, 2006). Interliga oito unidades de conservação de 40 municípios dos estados de Pernambuco, Bahia, Sergipe, Piauí e Alagoas, e objetiva garantir o fluxo genético, para o uso sustentável dos recursos naturais e integrar a gestão ambiental e o bem-estar das comunidades tradicionais que vivem na região.

Tabela 3.5. Unidades de Conservação na RPGA-MC

Tipo	Diploma Legal	Dimensão (ha)		% dos municípios abrangidos pela UC
		Unidade Conservação	Zona amortecimento	
Área de Proteção Ambiental Serra Branca/Raso da Catarina: Estação Ecológica do Raso da Catarina	Decreto Federal nº 89.268 de 03.01.84 Portaria Federal nº 373 de 11.10.01	99.772	269.130	Paulo Afonso - 8,37 Rodelas - 31,39 Jeremoabo - 60,24

Fonte: Plano de Manejo da Estação Ecológica Raso da Catarina. Paes & Dias (2008) e SIG-Ba (2003).

3.2.5 Os Solos

A região apresenta uma pequena diversidade de solos, porém, exibe um forte contraste entre aqueles evoluídos sobre o substrato ígneo e os demais, sobre cobertura sedimentar. As principais tipologias refletem também as condições de semiaridez climática e as morfologias dos relevos (Figura 3.11).

Os Neossolos se desenvolvem a partir de arenito, conglomerado, folhelho e siltito da Formação Marizal, de idade Cretácea. As maiores áreas de ocorrência dos quartzarênicos atingem o Tabuleiro de Tucano Norte; os afloramentos rochosos, desde lajedos a morros, serrotes e inselbergues, controlam os litólicos.

Os Planossolos, Argissolos e Luvisolos incidem sobre metagranodiorito, metamonzodiorito, metamonzogranito, micaxisto, mármore e quartzito, de rochas Mesoproterozóicas e Neoproterozóicas. O Planossolo Nátrico ocorre apenas na depressão do Macururé. Argissolos e Luvisolos se distribuem sobre vários setores das depressões do Curaçá e do Macururé.

O Vertissolo ocorre exclusivamente depressão do Tourão e sua origem está relacionada aos calcários da Formação Caatinga, datada do Quaternário.

Assim, sobre rochas ígneas Pré-Cambrianas, onde atualmente são encontradas as amplas depressões interplanálticas, tem-se predominantemente Planossolos, Argissolos e Luvisolos. Estas são as áreas mais densamente ocupadas e transformadas da região, cuja vegetação tem sido fortemente reduzida, expondo os solos à erosão. Os setores de caatingas mais adensadas e de maior porte medram os Neossolos dos tabuleiros sedimentares.

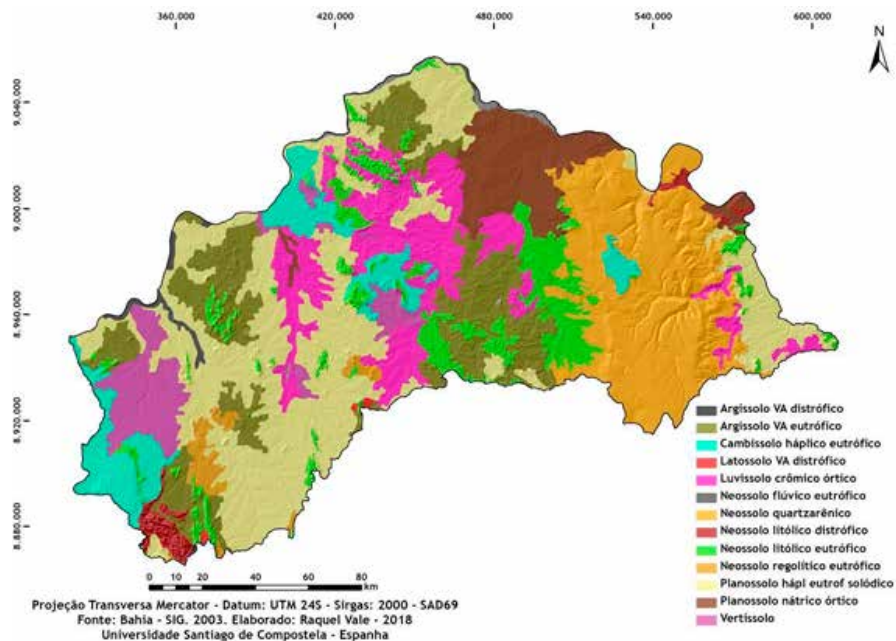


Figura 3.11. Mapa de Solos

A Agência Embrapa de Informação Tecnológica descreve estas classes de solo:

O Neossolo é um dos solos mais comuns ao semiárido brasileiro. É constituído por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, apresentando predomínio de características herdadas do material originário, ou seja, são solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico. Os Neossolos podem apresentar alta saturação por bases, acidez e altos teores de alumínio e de sódio (eutróficos) ou baixa (distróficos). Variam de solos rasos até profundos e de baixa a alta permeabilidade. Podem ocorrer em diversos ambientes climáticos, associados desde áreas de relevos muito movimentados até as áreas planas, sob a influência do lençol freático. Quanto ao material de origem, variam desde sedimentos aluviais até materiais provenientes da decomposição de rochas cristalinas pré-cambrianas. Em áreas mais planas, os Neossolos, principalmente os eutróficos e de maior profundidade, apresentam potencial para o uso agrícola. Os distróficos e mais ácidos são mais dependentes do uso de adubação e de calagem para correção da acidez. Os Neossolos de textura arenosa apresentam restrição causada pela baixa retenção de umidade e o seu uso deve ser restrito, devido à sua forte suscetibilidade aos processos erosivos.

Os Planossolos são solos que ocupam somente 10,5% da região semiárida brasileira. Apresentam elevada saturação por bases o que lhes confere grande capacidade de fornecer nutrientes às plantas. Possuem caráter plânico, ou seja, pouco profundos, com horizonte superficial de pálido, arenoso, seguido de um horizonte B adensado, de permeabilidade lenta ou muito lenta e com cores ou mosqueados acinzentados ou escurecidos. Esta característica se deve à drenagem imperfeita que implicará na formação de lençol d'água suspenso temporário. São

facilmente mecanizáveis devido ao relevo plano, no entanto quando encharcados, o uso de máquinas torna-se impraticável.

O Argissolo ocorre em 14,7% da região semiárida brasileira e quando está em relevo plano e suave ondulado podem ser usados para diversas culturas, desde que sejam feitas correções da acidez e adubação, principalmente quando se tratar de solos distróficos ou álicos. Em face da grande susceptibilidade à erosão, mesmo em relevo suave ondulado, práticas de conservação de solos são necessárias. São medianamente profundos a profundos, moderadamente drenados, com horizonte B textural de cores vermelhas a amarelas e argiloso, abaixo de um horizonte A ou E de cores mais claras e arenoso ou médio, com baixos teores de matéria orgânica. Desenvolvem-se a partir de diversos materiais de origem, em áreas de relevo plano a montanhoso. A maioria dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte B para baixo no perfil.

O Luvisolo ocupa 13,3% da região semiárida brasileira. São rasos a pouco profundos, com horizonte B textural resultante de acumulação ou concentração de argila decorrente de processos de iluviação e/ou formação in situ; possui cores vivas e argila de atividade alta, apresentando horizonte A fraco, de cor clara, pouco espesso, maciço ou com estrutura fracamente desenvolvida. São moderadamente ácidos a neutros, com elevada saturação por bases. Apresentam frequentemente revestimento pedregoso na superfície ou na massa do solo e normalmente possuem uma crosta superficial de 5 a 10 mm de espessura, além de altos teores de silte. São altamente susceptíveis aos processos erosivos, em virtude da grande diferença textural entre o horizonte A e o horizonte B. São de elevado potencial nutricional decorrente das altas quantidades de nutrientes disponíveis às plantas e de minerais primários facilmente intemperizáveis e são ricos em bases trocáveis, especialmente o potássio. Ocorrem em relevo suave ondulado, o que facilita o emprego de máquinas agrícolas, podendo também ocorrer em relevo mais movimentado, podendo chegar a forte ondulado. As áreas onde estes solos ocorrem são bastante deficientes em água, sendo este o principal fator limitante para o uso agrícola.

O Vertissolo ocorre em 1,3% da região semiárida brasileira. São solos minerais pouco permeáveis, não hidromórficos ou com séria restrição temporária à percolação de água, com 30% ou mais de argila ao longo do perfil, e que apresentam pronunciada mudança de volume de acordo com a variação do teor de umidade, o que lhes confere a presença de fendas de retração largas e profundas que se abrem desde o topo do perfil, nos períodos secos, superfícies de fricção (slickensides). Possuem grande quantidade de minerais facilmente intemperizáveis que proporciona elevado potencial nutricional para as plantas. Em grandes áreas, durante o período em que ocorrem boas condições de umidade, o preparo do solo é dificultado devido à textura muito argilosa. Por outro lado, a elevada pegajosidade, quando molhados, e a alta dureza, quando secos, demandam um esforço de tração muito grande, limitando a utilização desses solos. Ocorrem em áreas planas, suavemente onduladas, depressões e locais de antigas lagoas. No semiárido baiano destacam-se as áreas de Juazeiro e baixio de Irecê.

3.3 A RPGA-MC: a diversidade socioeconômica

Os limites entre bacias hidrográficas são definidos por meio dos sistemas interfluviais, onde os relevos criam, de modo natural, limites espaciais que separam espaços geográficos distintos. A natureza destas diferenças podem ser sutis, mas sempre se apresentam, seja pelos aspectos biogeográficos, climatobotânicos, socioambientais ou culturais. Por seu turno, os limites municipais passam por acordos e deliberações político-administrativas e, portanto, não coincidem com os naturais. Não raro, um mesmo município pode estar contido em uma ou mais bacia hidrográfica.

Assim, tem-se para a RPGA-MC seis municípios totalmente inseridos no seu território e oito parcialmente, conforme Tabela 3.6. Abaré, Chorrochó, Curaçá, Glória, Macururé e Rodelas somam 16.842,70 km², 61,95% da RPGA, e apresentavam em 2016 uma população de 100.212 habitantes, somente 0,66% do total do estado⁸ — a região menos povoada da Bahia. Na região existem territórios indígenas, aldeias e unidades de conservação (Figura 3.12), e comunidades quilombolas.

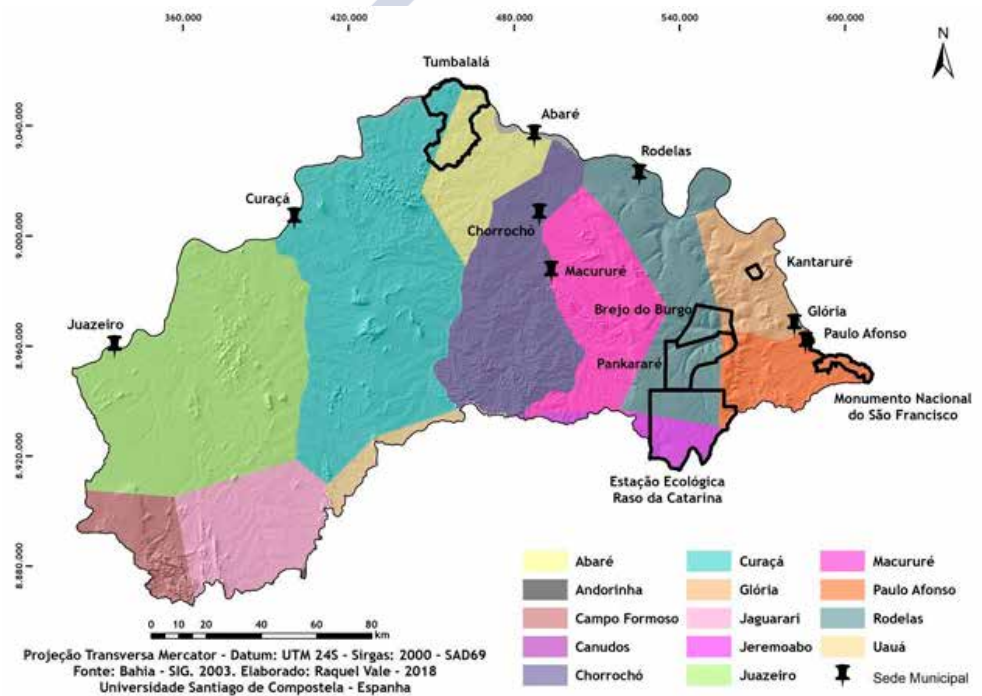


Figura 3.12. Mapa dos Municípios, Territórios Indígenas e Unidades de Conservação

Tabela 3.6. Composição municipal e populacional da RPGA-MC

Municípios	Extensão territorial (km ²) IBGE	População total estimada 2016 IBGE/Cidades
Totalmente inseridos		
1.Abaré	1.485,00	19.939

⁸ O IBGE estimou para a Bahia uma população de 15.276.556 de habitantes em 2016

2. Chorrochó	3.005,30	11.558
3. Curaçá	6.079,00	35.320
4. Glória	1.255,60	15.810
5. Macururé	2.294,30	8.288
6. Rodelas	2.723,50	9.297
Total	16.842,70	100.212
Parcialmente inseridos		
7. Andorinha	1.247,60	15.5511
8. Campo Formoso	7.258,60	73.118
9. Canudos	3.219,30	17.222
10. Jaguarari	2.456,50	34.304
11. Jeremoabo	4.656,10	41.387
12. Juazeiro	6.500,70	220.253
13. Paulo Afonso	1.579,70	119.930
14. Uauá	3.035,20	25.853

Fonte: IBGE.

O nordeste da Bahia, onde está localizada a Região de Planejamento das Águas dos rios Macururé e Curaçá, é uma das regiões mais secas e mais pobres do estado. A seca é um fenômeno natural ao semiárido, consequência de um conjunto de fatores climáticos, porém, passível de convivência e de abrigo para as atividades humanas. Mas, no que se refere à pobreza, há que se ressaltar que sua origem remonta a questões complexas que envolvem um grande número de atores sociais e políticos.

Sem pretender resgatá-los, mas, na expectativa de melhor compreender o universo geográfico desta região, existem algumas questões relevantes da história da formação do território brasileiro, com a ocupação das terras da costa atlântica, em 1500. Este território, até então, de domínio indígena, foi palco de um processo de formação social e econômica que explica, em grande parte, a atual configuração agrária no Brasil. Os reflexos deste processo e de suas dinâmicas espaciais conformaram múltiplos e diversos mosaicos de paisagens, cujas feições guardam os matizes dessa história. O que se tem hoje, em termos das múltiplas territorialidades nacionais, são as reminiscências construídas por esse passado.

Logo nos primeiros anos os portugueses introduziram e disseminaram a cana de açúcar nas terras férteis e pluviosas da costa da Bahia e de Pernambuco, em especial entre os séculos XVI e XVII. Apesar de desconhecida aos costumes portugueses, a mandioca, o milho e a batata doce, produtos amplamente cultivados no Brasil até os dias atuais — herança da agricultura indígena pré-colombiana — foi incorporada à dieta alimentar dos europeus e africanos (Linhares, 1995), um dos poucos produtos preservados à mesa colonial. O gado bovino, trazido das ilhas da Madeira, Açores e Cabo Verde, e de Portugal, ocuparam o sertão do nordeste brasileiro, o sul de Minas Gerais e as planícies do sul do Brasil (Fagundes Neves, 2003; Serra, 2003; Bernardes, 1995; Valverde, 1967). O capim, para formação de pastos, chegou, segundo Dean (2002), em algum momento do século XVIII e rapidamente se disseminou por todo o território vaqueiro, dominando, muitas vezes, sobre outras gramíneas e ervas.

Para não concorrer com a cana de açúcar, a Carta Régia de 1701, proibiu a criação de gado a menos de 10 léguas da costa, cerca de 60 km, o que interiorizou a pecuária e proporcionou a colonização dos sertões nordestinos por extensas fazendas de gado. A princípio trazido para atender as lavouras de cana, movimentar os moinhos e transportar a produção, este gado, criado longe dos canaviais, se adaptou muito bem ao sertão. Abasteceu os povoados desde o litoral do Maranhão até a Bahia, em pastos extensivos abertos por

queimadas, onde os rebanhos eram deixados “à lei da natureza” (Bernardes, 1995). Aos poucos o Sertão foi se convertendo, deste modo, em um imenso pasto, como ainda o é nos dias atuais.

A baixa aptidão para a agricultura, devido principalmente às secas, fez com que a criação de cabras e ovelhas se tornasse, também, ao lado do gado bovino, essencial para a formação econômica dos espaços rurais do semiárido e por séculos se caracterizou como única atividade de subsistência. Os rebanhos eram soltos nas caatingas, tal qual ocorria com os bois, se alimentando livremente. As primeiras cabras foram desembarcadas em São Paulo em 1534; depois chegaram em Pernambuco e na Bahia — trazidas de Cabo Verde, entre 1549 e 1587 (Jesus Jr. et. al, s/d). Estes rebanhos se espalharam por todo o sertão seco, multiplicaram-se e assumiram importante papel na economia regional, além de alimentar as populações locais, tornando-se excelente iguaria na mesa do sertanejo.

Esta expansão atingiu tal dimensão que atualmente 90% do rebanho de ovinos e caprinos está na região nordeste do Brasil — abrangendo 166,2 milhões de hectares, dos quais 95,2 milhões (57%) estão inseridos no semiárido (Brasil/MA, 2006). Apesar da relevância destes números a caprinocultura é ainda praticada de forma extensiva, tal como ocorria nos períodos colonial e imperial, o que reduz sua produtividade e competitividade de mercado e torna o consumo bastante endógeno. Os pequenos e médios agricultores da região respondem pela produção destes rebanhos junto à economia de subsistência, alternativa importante para sua manutenção no campo.

O passado vaqueiro demonstra como a ruralidade nordestina foi construída — a pecuária extensiva ao lado da agricultura de subsistência, matrizes da economia; a apropriação individual e/ou privada da terra e a monocultura exportadora. As grandes fazendas de gado bovino ainda são “a atividade que ocupa a maior extensão de terras no país — cerca de 158,7 milhões de hectares em 2006, contra 59,8 milhões destinadas a lavoura” — segundo Schlesinger (2009, p. 2; Linhares, 1995). O rebanho bovino contava, em 2009, entre 170 a 207 milhões de cabeças — quase ou mais que um boi por habitante; ocupava mais de 172 milhões de hectares, o que tem levado a considerar que a pecuária bovina é uma das atividades de maior impacto ambiental, derivado do principal meio de produção adotado no Brasil, o sistema extensivo (São Paulo, 2008).

3.3.1 Povos e Comunidades Tradicionais no Nordeste da Bahia

A ocupação e uso das terras do nordeste da Bahia é bastante antiga e se confunde com a história da colonização portuguesa nos espaços interiores do Brasil. Comunidades remanescentes indígenas, de fundos e fechos de pasto⁹, quilombolas, habitam esses sertões e ainda lutam pelo direito de legalizar a posse de suas terras. Somente em outubro de 2013 foi promulgada a Lei nº 12.910, pela qual o governo do Estado da Bahia se comprometeu com a regularização fundiária das terras públicas estaduais, rurais e devolutas, ocupadas tradicionalmente por Comunidades Remanescentes.

O pastoreio e a pequena agricultura constituem atividades preponderantes e estiveram presentes em toda a região, sobretudo próximo aos rios — principalmente no São Francisco,

⁹ Comunidades de Fechos de Pasto ocupam áreas com maior disponibilidade de água e vegetação mais densa, constituindo espaços mais úmidos dentro do sertão semiárido. Tais características não se apresentam, da mesma forma, nas de Fundo de Pasto.

por ser o único perene, o Curaçá e o Macururé, locais de terras mais férteis e mais úmidas, no universo semiárido do sertão. Os rebanhos soltos transitaram livres por toda parte, transformando as caatingas na medida em que ela mesma era e ainda o é, não o único, mas certamente o mais importante pasto de toda região. Dela provinha também os recursos ambientais para as comunidades, como madeira, lenha, plantas de uso alimentar, ervas curativas e ritualísticas, dentre outros. Avaliar sobre o tamanho dessa transformação, seus impactos ambientais, sociais e econômicos, locais e regionais, é tarefa árdua, mas certamente houve consequências, no entanto, de quais proporções? Os estudiosos dessa questão apresentam um farto material de pesquisa, mas se fará aqui alusão a alguns, porém sem pretender avançar em demasiado na discussão.

Os Povos e Comunidades Tradicionais foram reconhecidos pelo Decreto nº 6.040, de 2007, como

[...] grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição (Brasil, 2007).

3.3.1.1 Os Povos Indígenas

Há consenso de que os povos indígenas do sertão nordestino estiveram à margem desde os tempos do Brasil Colônia (Dantas, Sampaio & Carvalho, 1992), situação esta, atribuída a vários fatores, dentre os quais, a condição de semiaridez e o padrão de ocupação do sertão, bastante diferenciado do ocorrido na Zona da Mata costeira, áreas úmidas de grande produção açucareira. Eram denominados genericamente Tapuias — inimigos — e formavam um grupo heterogêneo, que se comunicavam por meio de línguas diversas e de difícil compreensão. Não despertavam qualquer interesse para os portugueses. Estes povos encontram-se hoje representados pelos Tuxá, Xukuru-Kariri, Pankararu e Pankararé, este último figurando como o maior grupo remanescente da região, com uma população de um pouco mais de 1000 habitantes e território de quase 48.000 hectares (Tabela 3.7).

Tabela 3.7. Terras Indígenas localizadas na RPGA-MC

Etnias Indígenas	Terras Indígenas	Área total (hectare)	População estimada	Situação jurídica	Municípios
Tuxá	Rodelas	7.000	620	Em fase de regularização	Rodelas
Kantaruré	Kantaruré	1.695	287	Em fase de regularização	Glória
Xukuru-Kariri	Quixabá	39	60	Parte da terra foi adquirida pela Funai e Diocese de Paulo Afonso	Glória
Pankararé	Pankararé	29.597	270	Regularizada	Glória, Rodelas Paulo Afonso
Pankararé	Brejo do Burgo	17.794	816	Regularizada	Glória Rodelas Paulo Afonso

Fonte: Anai-BA, 1999; DSEI/Funasa, 2002; SEI, 2002, apud Paes, Maria Luiza Nogueira & Dias, Inês de Fátima Oliveira. Plano de manejo: Estação Ecológica Raso da Catarina. - Brasília: Ibama, 2008. 326p.

Atualmente (Modercin, 2010), o Território Indígena é formado por duas terras indígenas — Pankararé e Brejo do Burgo, localizado nos tabuleiros do Raso da Catarina, e ocupa parte dos municípios de Paulo Afonso, Jeremoabo, Canudos e Macururé. As terras indígenas propriamente ditas abrangem parte dos municípios de Glória, Paulo Afonso e Rodelas. A

Terra Indígena Pankararé foi demarcada em 1987, mas somente em 1996 foi homologada. Ao lado tem-se a Terra Indígena Brejo do Burgo, homologada em 2001. O território tradicional dos índios Pankararé, segundo relatos orais,

[...] abrangia uma área muito além dos limites das Terras Indígenas atuais, Brejo do Burgo e Pankararé, se estendendo por todo o Raso da Catarina desde onde hoje é Glória (ao norte) até as margens do rio Vaza Barris (ao sul) (Brasileiro & Sampaio, 1991 apud Maia, 1994, p. 40). Ou como se diz entre os índios, ela era do rio São Francisco ao Vaza Barris, “de rio a rio”, o que corresponde aos extremos norte e sul do Raso da Catarina. (Modercin, 2010).

Este Território faz parte do Corredor Ecológico da Caatinga (Brasil, Portaria nº 161, 2006) e encontra-se em áreas prioritárias para a conservação do bioma caatinga (Brasil/MMA, 2008) devido a sua “importância biológica extremamente alta e de alta prioridade de ação”, o que gera conflitos de usos, visto tratar-se de importante área de caça, ancestralmente utilizada pelos índios.

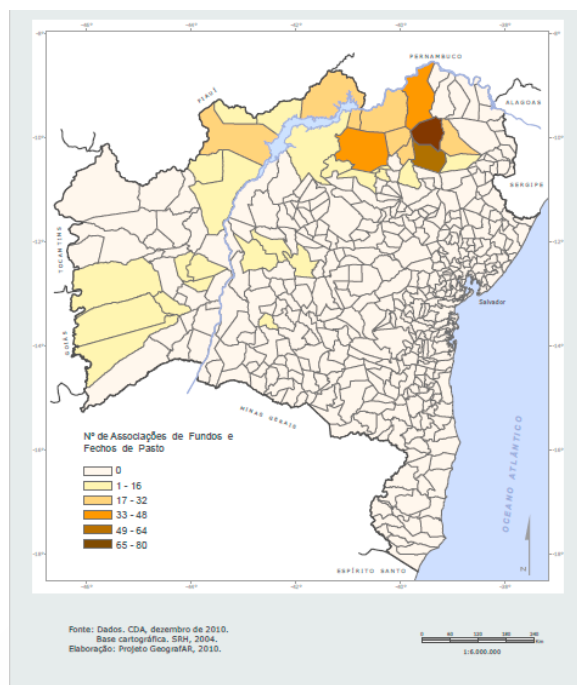
Os Pankararés são agricultores e cultivam roças de mandioca, milho, feijão, jerimum, abóbora, melancia e, segundo Toledo (2005), fazem uso múltiplo dos recursos ambientais, e assim detêm um conhecimento tradicional que preserva a diversidade biológica e a heterogeneidade das paisagens de seus territórios. Deste modo, o autor ressalta que tal conhecimento é a base para o desenvolvimento da agroecologia em oposição aos conhecimentos da agronomia industrial.

3.3.1.2 Os Fundos de Pasto

Os registros históricos dão conta de que as grandes fazendas de gado do sertão da Bahia, que mais tarde vieram a compor os territórios de comunidades tradicionais, começaram a se formar em terras da Casa da Torre, fundada por Garcia d’Ávila, no século XVI, que ocupava o vale do Rio São Francisco, sobretudo o médio curso — o rio dos Currais (Serra, 2003). A Casa da Ponte, dos Guedes de Brito, se estendia de Morro do Chapéu, norte da Bahia, até Minas Gerais, ao sul. Juntas, representam, os maiores latifúndios já existentes no Brasil. Estes rebanhos livres e soltos na caatinga e a ausência de cercas nas fazendas deram origem aos fundos de pasto, forma de utilização comunitária e solidária da terra, “que tem como principal objetivo a produção agropecuária e a preservação ambiental” (Dias, 2013, s/n). Estas terras, sem limites precisos e sem demarcações, foram progressivamente ocupadas por pastores de cabras e ovelhas, cujos rebanhos superam, atualmente, os de bovinos.

A Figura 3.13 mostra o número de associações de fundo e fecho de pasto cadastradas até 2010. Na Bahia existem cerca de 159 projetos para reconhecimento, pelo Incra, destas comunidades, que a partir de novembro de 2014 passaram a contar também com o apoio da Política Estadual para o Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (Bahia, 2014).

As relações de parentesco, compadrio e vizinhança são a base de sustentação das comunidades de fundo de pasto, onde todos os recursos ambientais são compartilhados — as áreas de pastagem na caatinga, as aguadas, as plantas, a madeira e as roças, únicas cercadas, para evitar a entrada de animais. Esta organização social comunitária e sua sobrevivência dependem de uma relação sustentável com a natureza, que preservaram as caatingas e seus recursos genéticos vegetais e animais.



Fonte: Projeto GeografAR/UFBA. 2010. Em destaque, a situação geográfica da RPGA-MC

Figura 3.13. Associações de Fundos e Fechos de Pasto por município - Bahia, 2010

3.3.1.3 Os Quilombolas

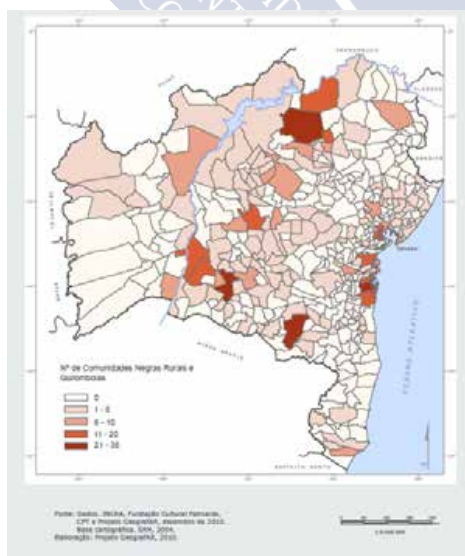
As comunidades quilombolas são grupos sociais formados a partir dos quilombos — em africano quimbundo, “sociedade formada por jovens guerreiros que pertenciam a grupos étnicos desenraizados de suas comunidades”. Constituíam, pois, refúgios distantes para os escravos fugidos das senzalas das fazendas do Brasil Colônia. Representam a resistência negra contra a escravidão e foi essencial para preservar as tradições, cultura, hábitos e costumes de sua terra natal. Estas estratégias de sobrevivência incluíram adaptação e práticas de proteção aos recursos ambientais. Possuem, como o fundo de pasto, relações de parentesco, ancestralidade e culturas próprias, e também se mantinham por meio de atividades autossustentáveis. Para Amorim & Germani (2005, p. 797), o conceito de Comunidades Negras Rurais Quilombolas se aplica às “chamadas terras de preto, terras de santo, mucambos ou quilombos. [...] formadas predominantemente por negros e ocupam terras na área rural”.

Na RPGA-MC não existe uma concentração significativa de Comunidades Quilombolas — 28, conforme Tabela 3.8 — nos municípios de Curaçá, Jeremoabo e Juazeiro. O Recôncavo Baiano e o sudoeste do estado são as áreas mais importantes e a Bahia tem o segundo maior número de comunidades quilombolas do Brasil (Figura 3.14).

Tabela 3.8. Comunidades Quilombolas na RPGA-MC

Município	Comunidade	Total
Curaçá	Nova Jatobá	3
	Rompedor	
	Vila Nova Jatobá	
Jeremoabo	Algodões	11
	Algodões dos Negros	
	Angico	
	Ariade	
	Baixão da Tranqueira	
	Baixão da Viração	
	Casinhas	
	Olho D'água	
	Olho D'água dos Negros	
	Vasos do Ouricuri	
	Viração	
Juazeiro	Alagadiço	14
	Aldeia	
	Angico	
	Barrinha do Cambão	
	Barrinha do Conceição	
	Capim de Raiz	
	Curral Novo	
	Deus Dara	
	Junco	
	Passagem	
	Pau Preto	
	Quipá	
	Rodeadouro	
	Salitre	
Total		28

Fonte: <http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/cadastronico/gestao-municipal/processo-de-cadastramento/arquivos/levantamento-de-comunidades-quilombolas.pdf>



Fonte: Projeto GeografAR/UFBA. 2010.

Figura 3.14. Número de Comunidades Negras Rurais e Quilombolas por município - Bahia, 2010

3.3.2 População e economia na produção do espaço da RPGA-MC

Este subcapítulo analisa uma série de dados sobre as populações que habitam a RPGA-MC e suas respectivas atividades sócio-produtivas. Foram selecionados dados que dizem respeito à demografia e à educação; aos usos da terra; e à qualidade de vida, que foram avaliados, tendo por critério, dados e índices sociais. Tais variáveis integram a lista de Indicadores de Desertificação, referida na literatura especializada e apresentada no subcapítulo 2.2 permitiram avaliar o perfil socioeconômico da região e estabelecer correlações com os processos de desertificação.

Para analisar as populações na RPGA-MC e as formas como o espaço vem sendo organizado para a produção de bens e geração de renda, partiu-se do princípio que existem inúmeros laços intra e inter-regionais. As dinâmicas socioeconômicas espaciais e temporais, e o trânsito de práticas e costumes, formam redes interdependentes, complexas e multiescalares, podendo, inclusive, alcançar contextos espaciais que se encontram muito distantes das realidades regionais.

Apesar de reconhecer este fato, não seria possível, contudo, avaliar a extensão destas redes, visto que extrapola o escopo e os objetivos desta tese. Assim, optou-se por realizar uma análise que contemplasse as dinâmicas espaciais internas à RPGA-MC, e também ao seu entorno imediato. Deste modo, foi realizada a análise dos aspectos demográficos e educacionais em todos os municípios desta região de águas, por considerar que para estes temas as inter-relações regionais são muito efetivas e dinâmicas. A mobilidade espacial das pessoas, o fluxo de ideias e os laços de parentesco e afetividade exercem papel importante na configuração social do espaço.

Já para a análise econômica, visto a natureza rural das atividades exercidas — agricultura comercial, de subsistência e pecuária — ambas geradoras de transformações locais, considerou-se mais prudente ter por foco os municípios que estão totalmente inseridos na RPGA-MC — Abaré, Chorrochó, Curaçá, Glória, Macururê e Rodelas — e agregar somente aqueles que apresentam relevante parte de seu território inserido nesta região de águas — Jaguarari, Juazeiro e Paulo Afonso. Estes são municípios que participam de forma mais contundente da dinâmica socioeconômica e, assim, da produção do espaço, sobretudo rural, da região. Tornam-se partícipes das transformações ambientais operantes nesta região, cujas características interessam de perto ao estudo da desertificação. Ademais os outros municípios apresentam apenas uma pequena porção de seu território dentro dos limites da RPGA-MC (Tabela 3.9).

3.3.2.1 Características sociais

A Bahia, um dos maiores estados do Brasil — com 564.733,081 km²; 14.016.906 de habitantes e uma densidade demográfica de 24,82 hab/km², em 2010 —, apresenta uma distribuição populacional bastante diversa. As áreas mais ocupadas estão concentradas no entorno da capital, Salvador, e sua região metropolitana (cerca de 28%); o interior do estado e, sobretudo a região semiárida, é menos ocupado.

Em estudo de Silva & Silva (2011, p. 181-182) sobre a evolução da população baiana, as autoras verificaram que existe um decréscimo no ritmo de crescimento — “26,58% (ou 2,39% a.a.) entre 1960/70; 26,56% (ou 2,38% a.a.) entre 1970/80 e 23,52% (ou 1,94% a.a.) entre

1980/91. Portanto, o crescimento da última década (7,24%) é 3,7 vezes menor que o crescimento da década 1960/70”. Constataram também que houve um forte decréscimo na população rural, próximo a 9%, entre as décadas de 2000 e 2010, inclusive na região nordeste do estado. Todavia, a Bahia ainda apresentou, em 2010, a maior população rural do país. O nordeste do estado teve um crescimento da população urbana, no período, entre 15 e 30%, e a população total cresceu entre 10 e 15%.

O nordeste da Bahia ainda se caracteriza por ser a região menos povoada e também menos desenvolvida do estado, onde as atividades rurais têm uma importância muito grande para a sobrevivência e permanência das populações locais, apesar dos rigores do clima e da insuficiente presença do Estado na atenção social e econômica aos municípios. A RPGA-MC (Tabela 3.9) possui uma extensão de 27.186,89 km² e contém seis municípios totalmente inseridos no seu território — Abaré, Chorrochó, Curaçá, Glória, Macururé e Rodelas — que somam 16.842,70 km² de área, 61,95% desta região de águas. Os restantes 38,05% correspondem aos demais municípios, ressaltando-se que as sedes municipais, polarizadoras das dinâmicas territoriais, se localizam fora da poligonal da RPGA-MC.

Tabela 3.9. Composição territorial da RPGA-MC

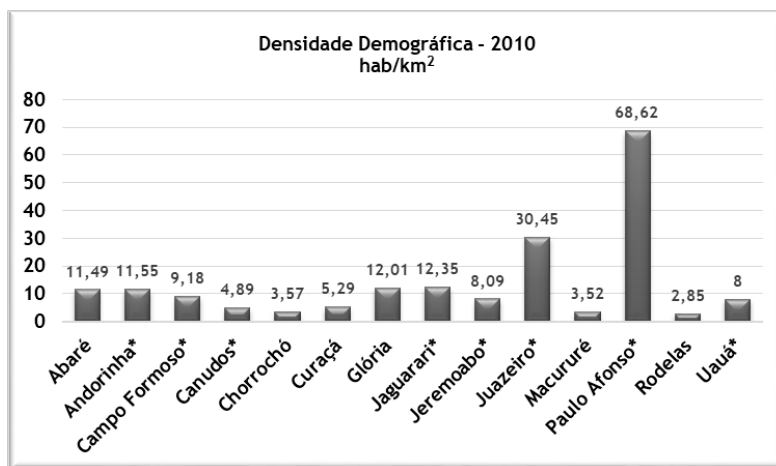
Municípios	Extensão territorial (km ²) IBGE	% em relação à RPGA-MC	% territorial do município, em relação à área total municipal, contida na RPGA-MC
Totalmente inseridos			
1.Abaré	1.485,00	5,46	100
2.Chorrochó	3.005,30	11,05	
3.Curaçá	6.079,00	22,36	
4.Glória	1.255,60	4,62	
5.Macururé	2.294,30	8,44	
6.Rodelas	2.723,50	10,02	
Total	16.842,70	61,95	-
Parcialmente inseridos			
1.Andorinha	1.247,60	0,03	0,74
2.Campo Formoso	7.258,60	3,39	12,69
3.Canudos	3.219,30	0,05	0,42
4.Jaguarari	2.456,50	7,12	78,78
5.Jeremoabo	4.656,10	1,67	9,74
6.Juazeiro	6.500,70	20,46	85,61
7.Paulo Afonso	1.579,70	4,10	70,49
8.Uauá	3.035,20	1,23	11,04
Total	29.953,70	38,05	-
Dimensão territorial da RPGA-MC	27.186,89 km²		-

Fonte: IBGE.

O recenseamento demográfico no Brasil é uma das atribuições do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e é realizado a cada 10 anos. O último ocorreu em 2010 e será utilizado para analisar o perfil da população na RPGA-MC, apesar do lapso temporal. Entretanto, tal defasagem não afetará a discussão dos dados de modo contundente, pois está dentro de uma tolerância estatística admitida como razoável. Os levantamentos feitos pelo IBGE de “Contagem da População” são menos precisos, não deixando, portanto, outra opção.

Como referido anteriormente a região onde está localizada a RPGA-MC é das menos povoadas da Bahia. As maiores densidades demográficas dentro desta poligonal, pouco mais de 10 hab/km², ocorriam em 2010, em Abaré e Glória (Gráfico 3.1). Paulo Afonso (68,62

hab/km²) e Juazeiro (30,45 hab/km²), parcialmente inseridos na polygonal, apresentavam densidades demográficas muito elevadas em relação aos demais. Porém, constituem dados aberrantes estatisticamente, visto o excepcional perfil econômico e social destes municípios em relação aos demais — importante centro de geração de energia hidroelétrica e maior polo irrigado do nordeste baiano, respectivamente. Ademais, Paulo Afonso é cerca de seis vezes menor do que Juazeiro, o que, no cálculo estatístico, puxa o dado para cima. Retirando-os da análise observa-se que existia um comportamento bastante homogêneo quanto à densidade demográfica regional, em torno de 9,0 hab/km², chegando a valores muito baixos em Rodelas (2,85), Macururé (3,52) e Chorrochó (3,57).



Fonte: IBGE.

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

Gráfico 3.1. Densidade Demográfica - 2010

A baixa densidade demográfica apontada pelos dados pode ser interpretada, em parte, como o reflexo da insuficiente ação do Estado e dos rigores climáticos, sobretudo das secas que dificultam, ou mesmo inviabilizam, todas as atividades produtivas dependentes de água, inclusive das lavouras irrigadas. De outra parte pode ser consequência de um processo histórico-fundiário antigo, marcado pelo grande latifúndio pecuário extensivo e de baixa produtividade e que, por isso mesmo, demandaria um pequeno número de trabalhadores vaqueiros. Este vazio de pessoas na zona rural repercutiu em uma lenta dinâmica populacional, que pode estar na origem desta situação. Estes fatores perpetuaram um processo que ainda não foi superado e parece estar longe de o ser, visto que mudanças estruturantes de fato não têm sido levadas a cabo nessa região.

O Gráfico 3.2 apresenta o total da população recenseada em 2010 e a estimada para o ano de 2016. Considerando os dados recenseados em 2010, Juazeiro com 197.965 habitantes, e Paulo Afonso com 108.396, se destacam dos demais, refletindo também os mesmos fatores excepcionais verificados em relação à densidade demográfica. Campo Formoso, com 66.616 habitantes, forma um dado isolado, enquanto Jeremoabo, Curaçá e Jaguarari, formam um grupo de população em torno de 30.000 hab. Os demais constituem municípios com população abaixo de 25.000 ou 10.000 habitantes, como Rodelas, que somava apenas 7.775 habitantes em 2010.

O aumento populacional estimado em 2016 demonstra uma dinâmica mais relevante apenas para Juazeiro e Paulo Afonso, que chegaram a um incremento de mais de 10.000 habitantes; os demais dados municipais são muito pouco significativos.

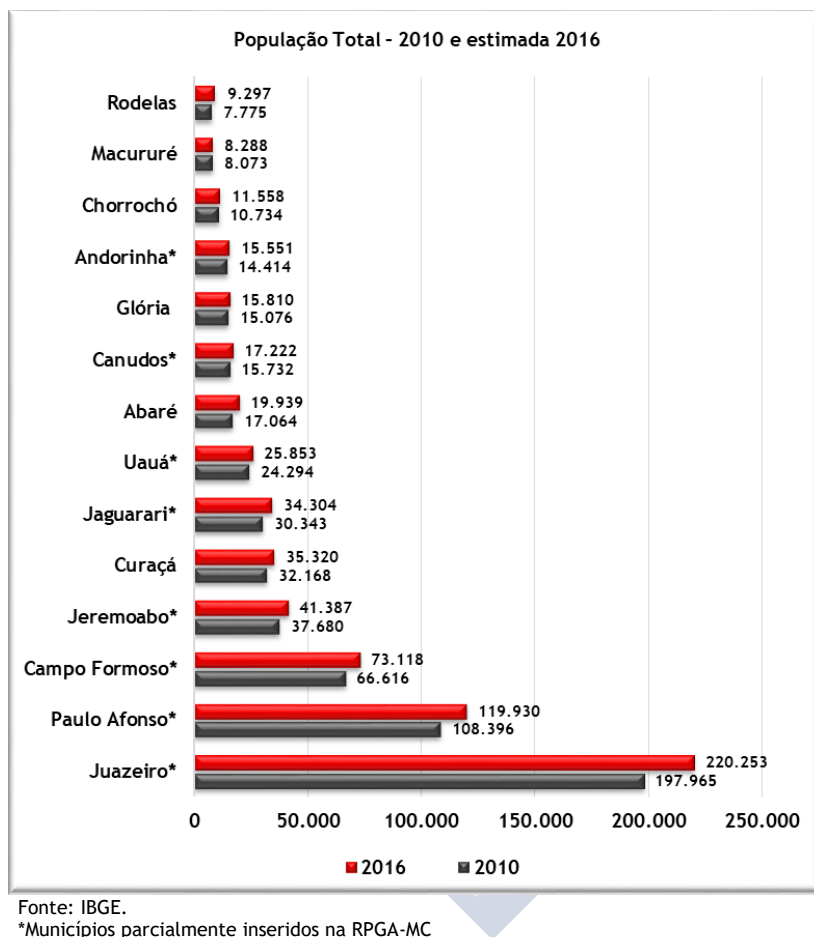
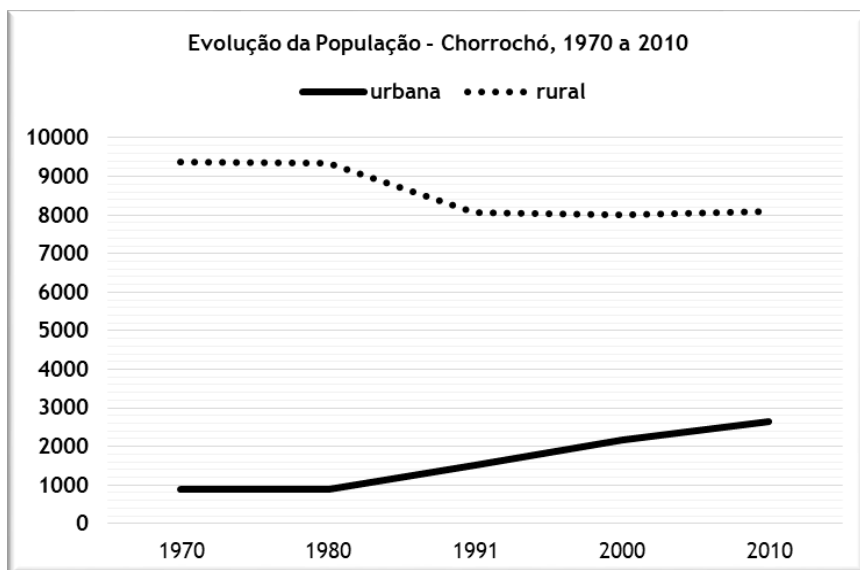


Gráfico 3.2. População Total - 2010 e estimada 2016

Os dados produzidos pelo IBGE permitem avaliar as dinâmicas temporais populacionais ocorridas na região entre as décadas de 1970 e 2010, onde três situações contrastantes foram observadas: i) municípios predominantemente rurais; ii) municípios com inversão da população rural para urbana; iii) municípios predominantemente urbanos.

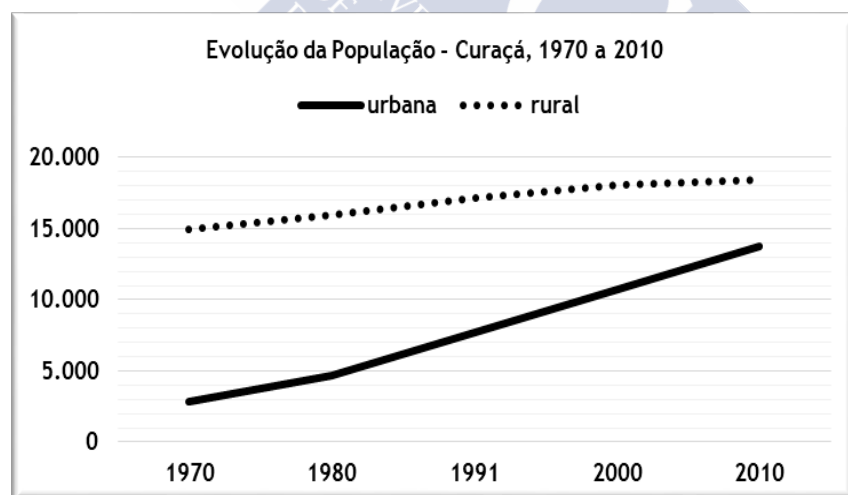
Os municípios predominantemente rurais (Gráficos 3.3 a 3.6) — Chorrochó, Curaçá, Glória, Macururé — são também aqueles de menor ritmo no crescimento populacional, exceto Curaçá, que apresentou uma dinâmica mais ativa. Entretanto, as curvas demonstram que, apesar de se caracterizarem por apresentar uma população total pequena, têm um crescimento que está em curso desde os anos de 1980, podendo a médio prazo, atingir um perfil

populacional urbano. A exceção é Glória, cuja curva está relativamente estagnada ou em ritmo de crescimento muito lento, sobretudo para a população urbana.



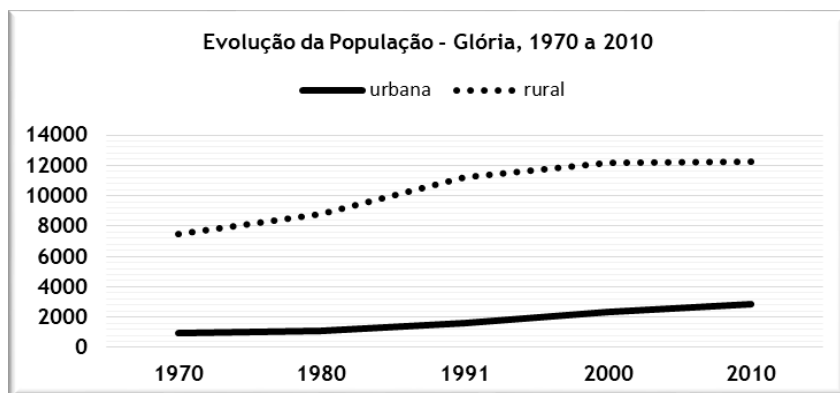
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.3 Evolução da População - Chorrochó, 1970 a 2010



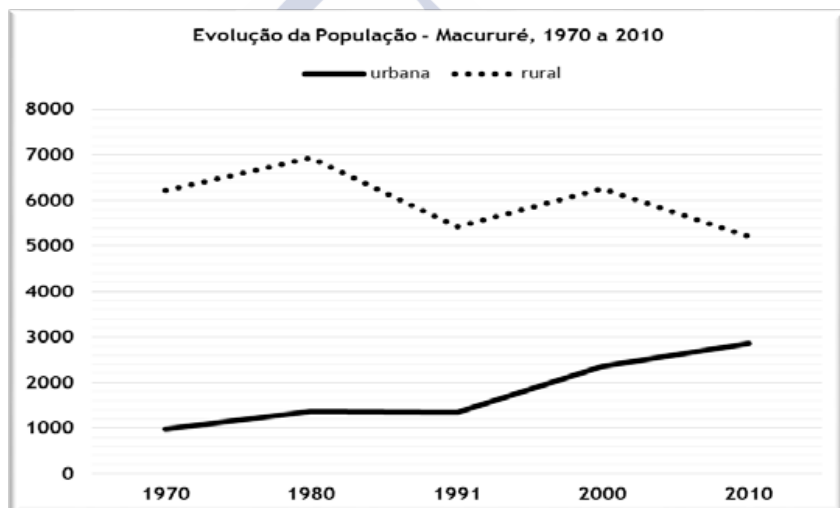
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.4. Evolução da População - Curaçá, 1970 a 2010



Fonte: IBGE.

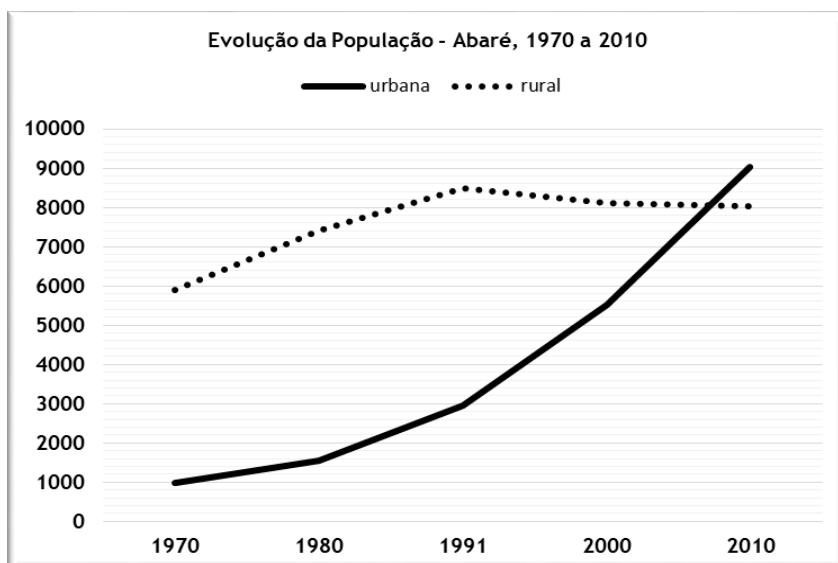
Gráfico 3.5. Evolução da População - Glória, 1970 a 2010



Fonte: IBGE.

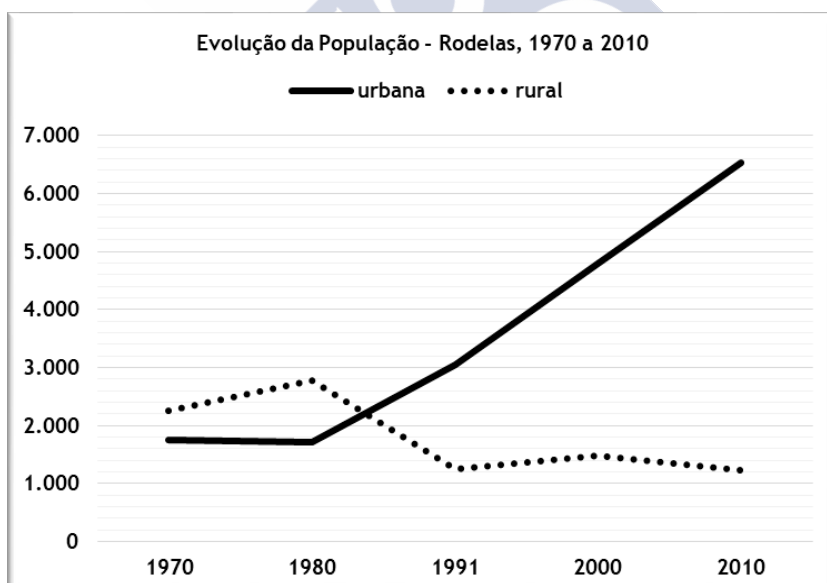
Gráfico 3.6. Evolução da População - Macururé, 1970 a 2010

Os municípios com inversão da população rural para urbana (Gráficos 3.7 a 3.10) — Abaré, Rodelas, Canudos e Jaguarari — refletem uma dinâmica populacional urbana muito ativa, sobretudo Rodelas, cuja inversão teve início na década de 1980. No entanto, há que se avaliar as formas de inserção dessa população nas atividades produtivas urbanas e sob quais condições de trabalho e qualidade de vida vêm se delineando. Esse esvaziamento da zona rural revela, por outro lado, a insuficiência, ou ausência, de alternativas econômicas para fixar a população rural, o que poderia reduzir a migração campo-cidade.



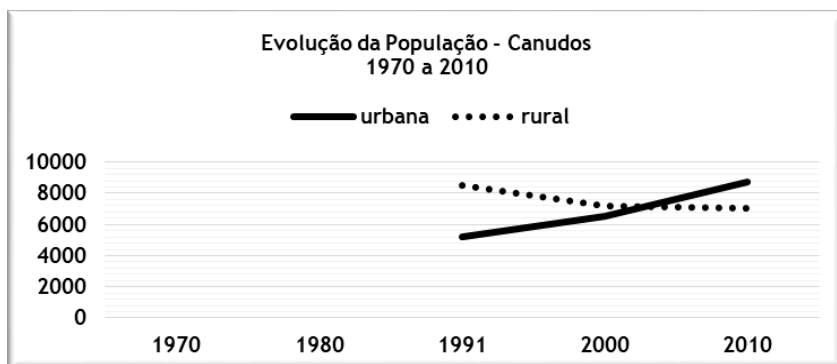
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.7. Evolução da População - Abaré, 1970 a 2010



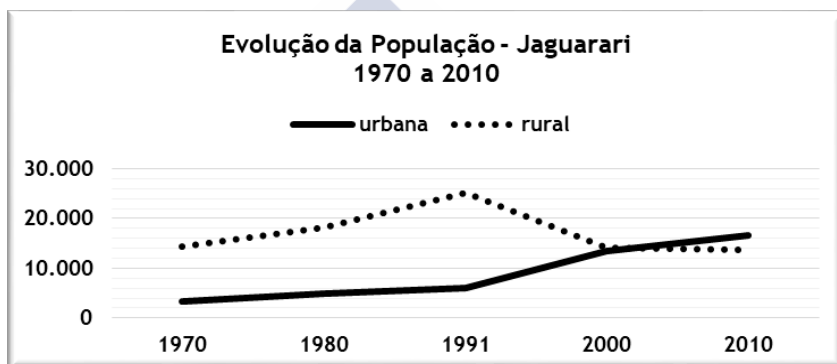
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.8. Evolução da População - Rodelas, 1970 a 2010



Fonte: IBGE.

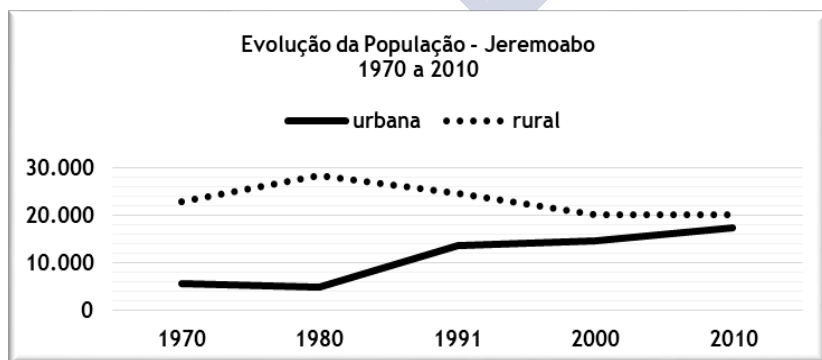
Gráfico 3.9. Evolução da População - Canudos, 1970 a 2010



Fonte: IBGE.

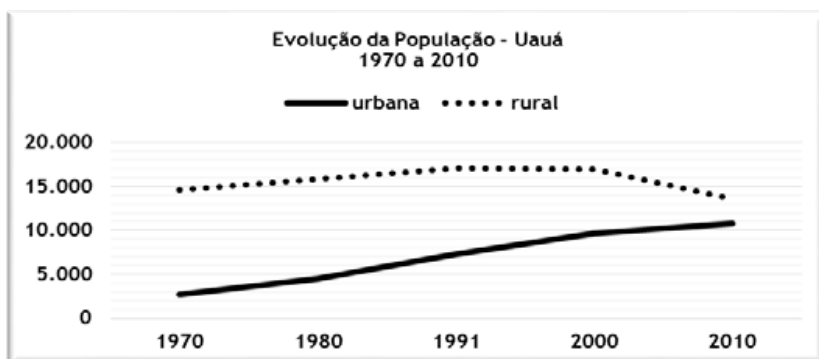
Gráfico 3.10. Evolução da População - Jaguarari, 1970 a 2010

Jeremoabo, Uauá, Andorinha e Campo Formoso estão em processo de inversão da população rural para urbana (Gráficos 3.11 a 3.14).



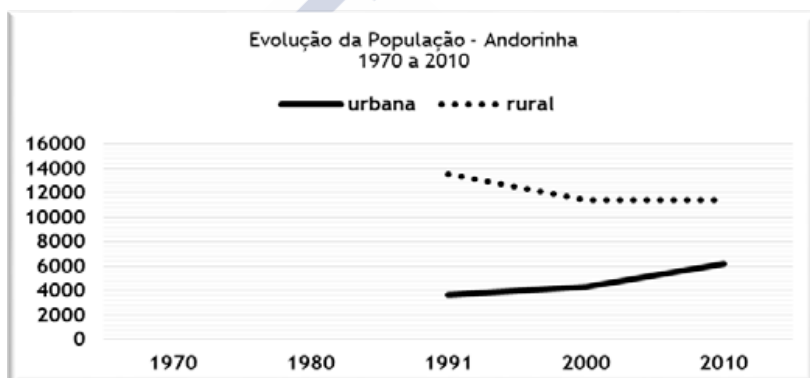
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.11. Evolução da População - Jeremoabo, 1970 a 2010



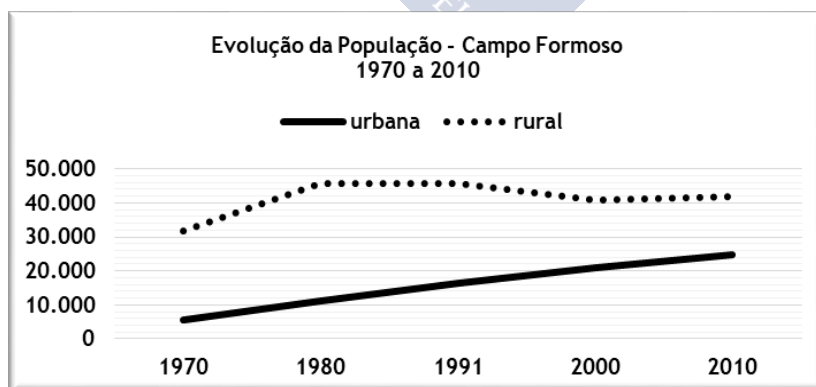
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.12. Evolução da População - Uauá, 1970 a 2010



Fonte: IBGE.

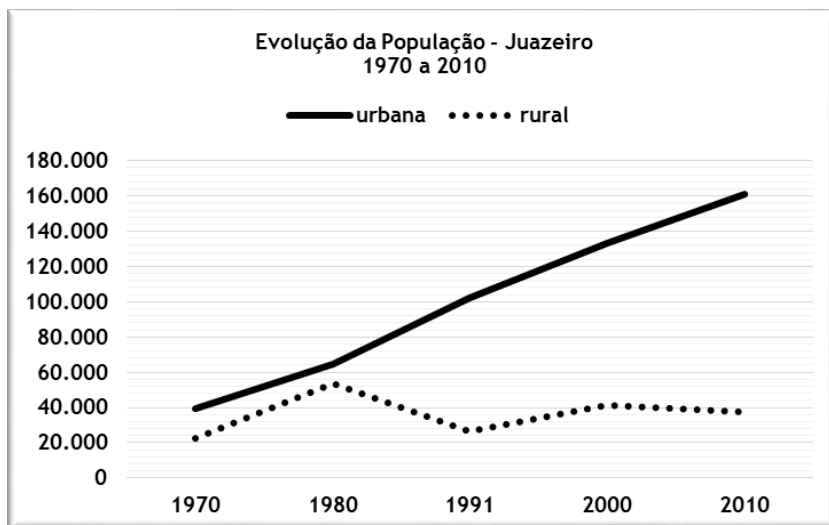
Gráfico 3.13. Evolução da População - Andorinha, 1970 a 2010



Fonte: IBGE.

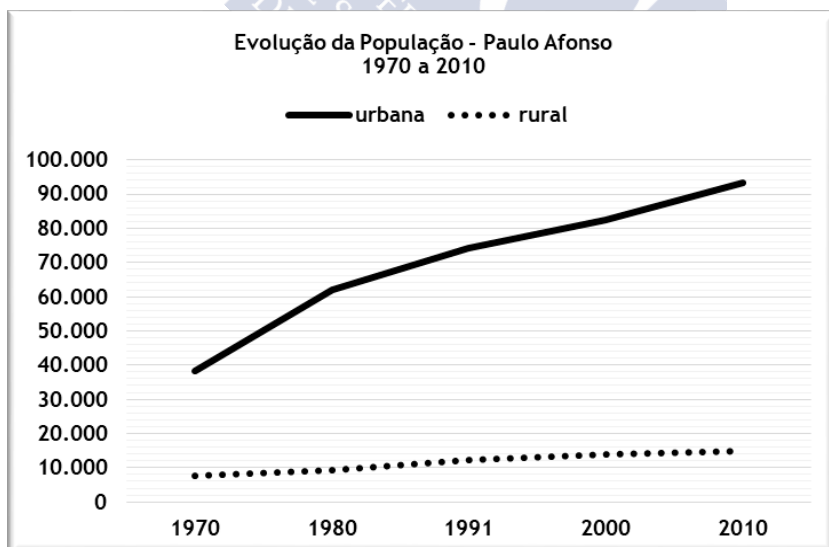
Gráfico 3.14. Evolução da População - Campo Formoso, 1970 a 2010

Juazeiro e Paulo Afonso são predominantemente urbanos (Gráficos 3.15 e 3.16) desde a década de 1970, devido aos fortes investimentos na agricultura irrigada e no setor hidroelétrico.



Fonte: IBGE.

Gráfico 3.15. Evolução da População - Juazeiro, 1970 a 2010



Fonte: IBGE.

Gráfico 3.16. Evolução da População - Paulo Afonso, 1970 a 2010

A dinâmica da população no período analisado evidencia que os municípios que se encontram dentro da poligonal da RPGA-MC se caracterizam pela participação significativa da população rural. Porém, já se observa uma leve tendência de crescimento da população urbana, mas há que se avaliar os fatores propulsores dessa dinâmica e também a natureza social e econômica da urbanidade que vem sendo construída.

3.3.2.2 Estrutura etária

A distribuição da população total por grupos de idade com base no censo de 2010 (Tabela 3.10 e Gráficos 3.17 a 3.30) apresenta um padrão que se repete em todos os municípios — um expressivo percentual de crianças e jovens até 19 anos, que chega a ser próximo ao de adultos até 64 anos.

Tabela 3.10. População por grupo de idade (%) - 2010

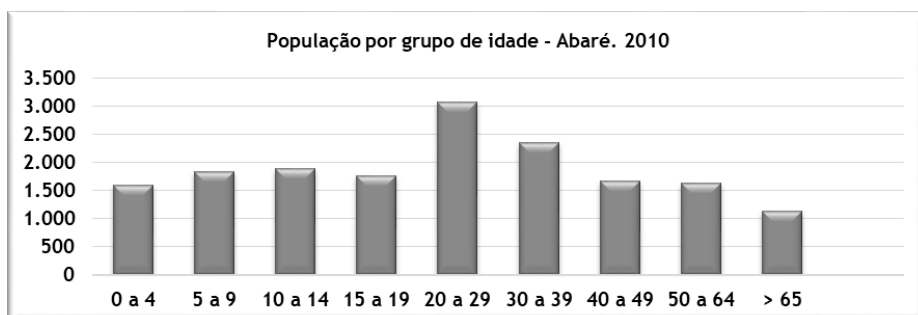
	0 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 64	>65
Abaré	9,46	10,82	11,11	10,42	18,12	13,89	9,80	9,63	6,75
	41,81				51,44				
Andorinha*	6,82	8,51	9,87	9,57	18,07	15,16	12,00	11,54	8,47
	34,77				56,77				
Campo Formoso*	8,07	10,08	11,07	10,21	17,38	14,39	10,69	11,15	6,96
	39,43				53,61				
Canudos*	9,22	9,99	10,85	10,01	16,42	13,89	11,10	10,41	8,12
	40,07				51,82				
Chorrochó	8,52	10,59	11,33	9,75	17,26	13,04	10,50	10,40	8,61
	40,19				51,20				
Curaçá	9,32	9,75	10,73	10,11	17,78	14,09	10,57	9,81	7,84
	39,91				52,25				
Glória	8,25	7,92	9,75	9,78	18,31	16,00	11,36	10,60	7,94
	35,70				56,27				
Jaguarari*	7,19	8,66	9,69	8,97	17,37	15,24	12,18	11,28	9,42
	34,51				56,07				
Jeremoabo*	8,11	10,01	10,55	10,36	16,34	13,32	11,32	11,02	8,97
	39,03				52,00				
Juazeiro*	8,76	9,33	9,88	9,72	19,06	16,20	11,92	9,74	5,39
	37,69				56,92				
Macururé	8,68	9,98	10,05	9,45	17,77	13,64	10,43	10,60	9,40
	38,16				52,44				
Paulo Afonso*	7,73	8,38	9,51	9,23	17,65	16,24	12,18	11,79	7,29
	34,85				57,86				
Rodelas	9,80	10,13	10,69	10,12	18,26	14,39	11,02	8,97	6,62
	40,74				52,64				
Uauá*	7,36	8,64	9,90	10,13	15,40	13,70	12,16	12,12	10,59
	36,03				53,38				
Média	8,38	9,49	10,36	9,85	17,58	14,51	11,25	10,66	8,03

Fonte: IBGE.

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

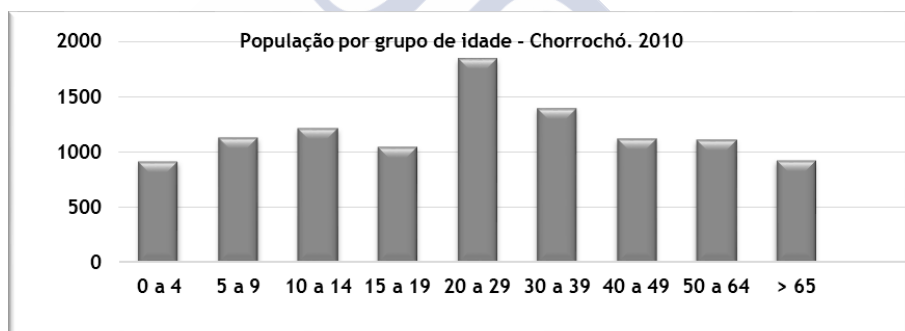
O grande número de crianças e jovens — entre 35 e 42% da população total — demanda maiores responsabilidades governamentais para garantir seu desenvolvimento básico, como educação, saúde e lazer. Porém, as realidades locais apresentam um cenário bem diverso, onde a precariedade e sucateamento das instituições têm grande dificuldade para oferecer sequer o mínimo. O alcance institucional fora das sedes municipais é ainda mais precário, deixando a zona rural com carências quase absolutas.

Agravando esta situação tem-se que a população adulta entre 20 e 64 anos — que deveria suprir as necessidades básicas das crianças e jovens — forma um contingente populacional semelhante a este. Ou seja, tem grandes dificuldades e não consegue, de fato, arcar com essa responsabilidade. Tratam-se de indivíduos que, em inúmeras circunstâncias, também se veem numa situação de precariedade que retroalimenta as condições de pobreza e miséria.



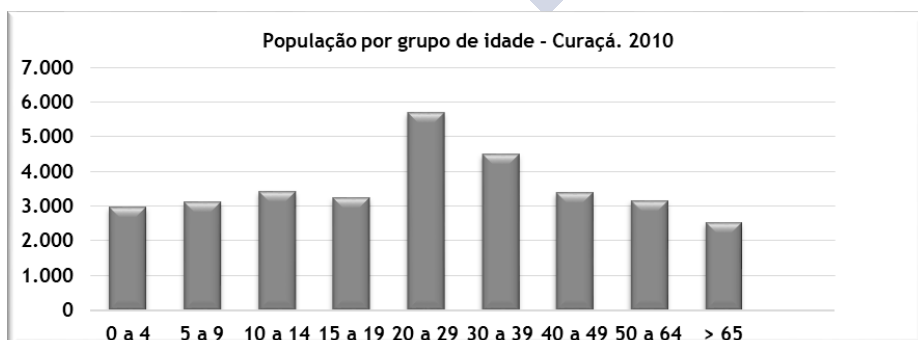
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.17. População por grupo de idade - Abaré. 2010



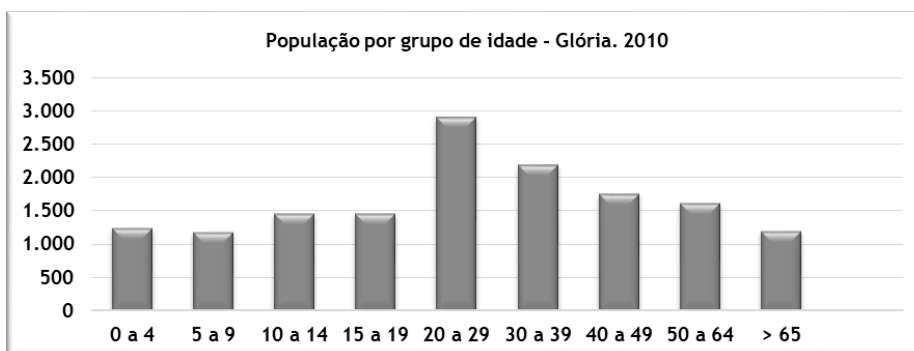
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.18. População por grupo de idade - Chorrochó. 2010



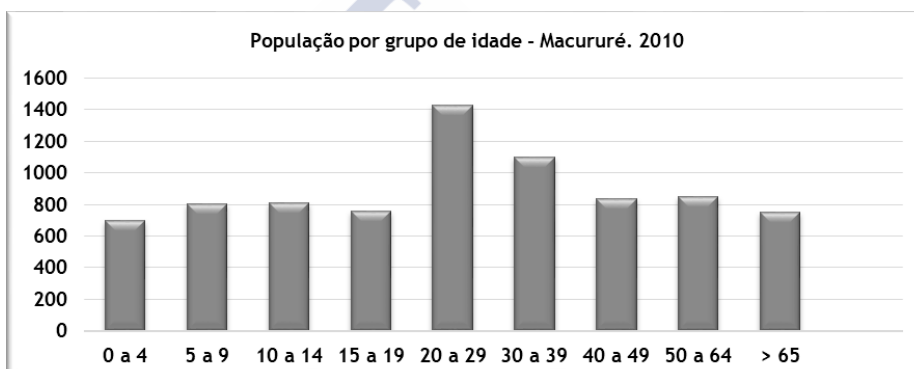
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.19. População por grupo de idade - Curaçá. 2010



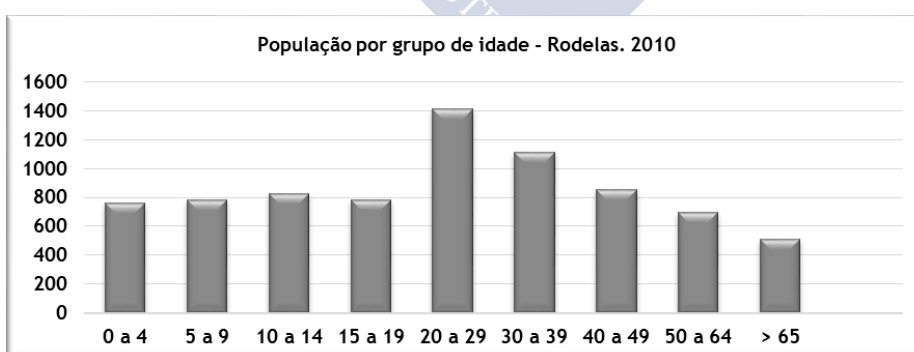
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.20. População por grupo de idade - Glória. 2010



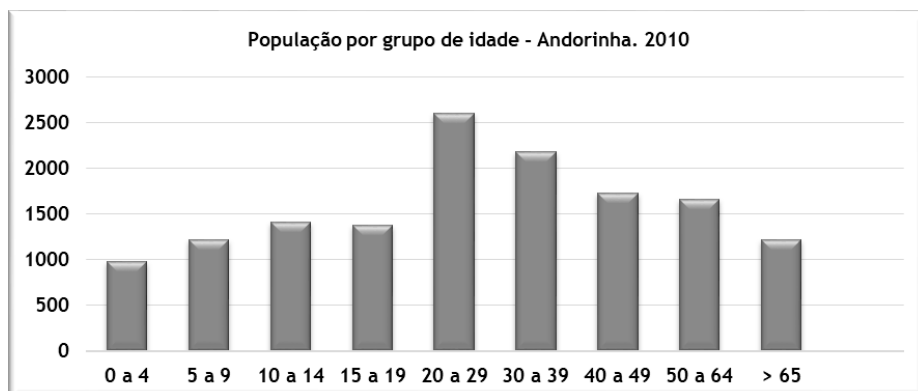
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.21. População por grupo de idade - Macururé. 2010



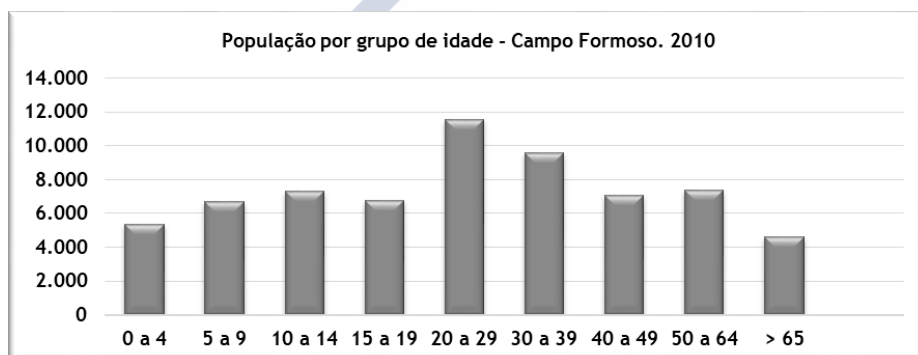
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.22. População por grupo de idade - Rodelas. 2010



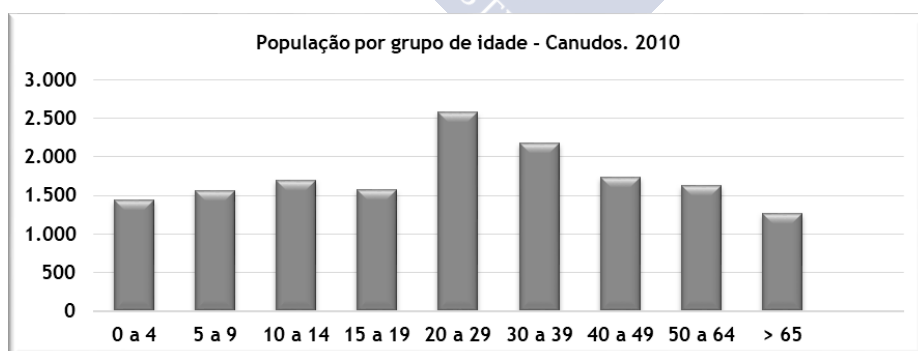
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.23. População por grupo de idade - Andorinha. 2010



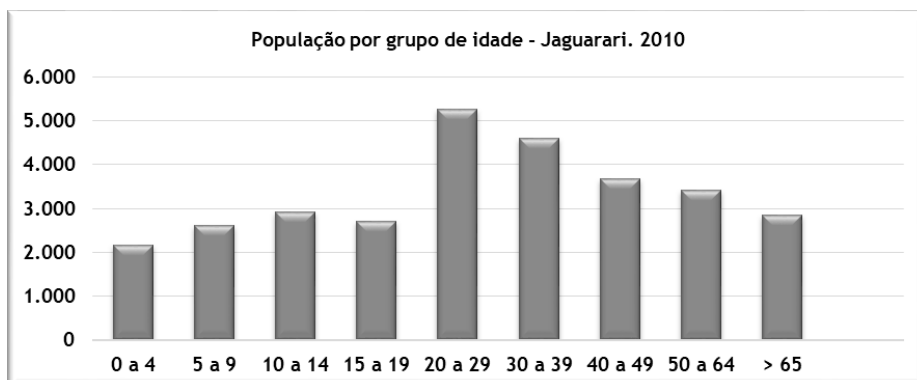
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.24. População por grupo de idade - Campo Formoso. 2010



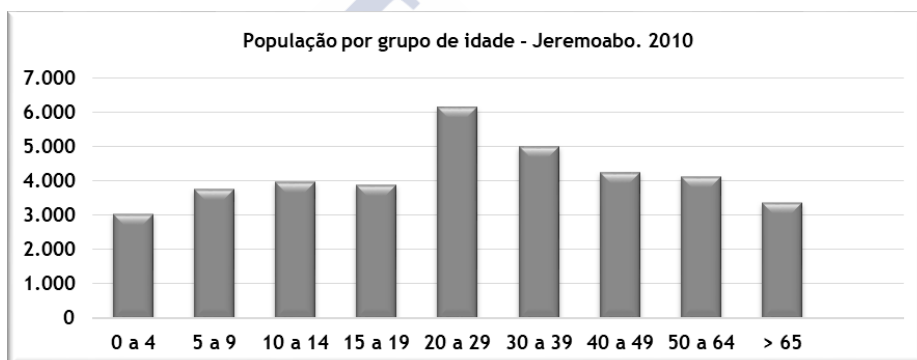
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.25. População por grupo de idade - Canudos. 2010



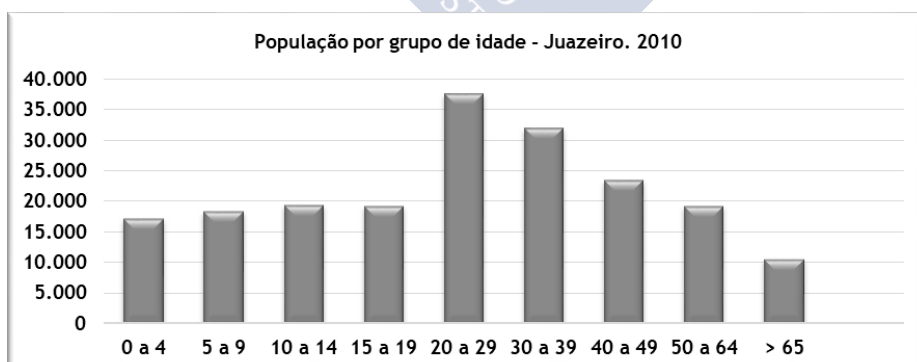
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.26. População por grupo de idade - Jaguarari. 2010



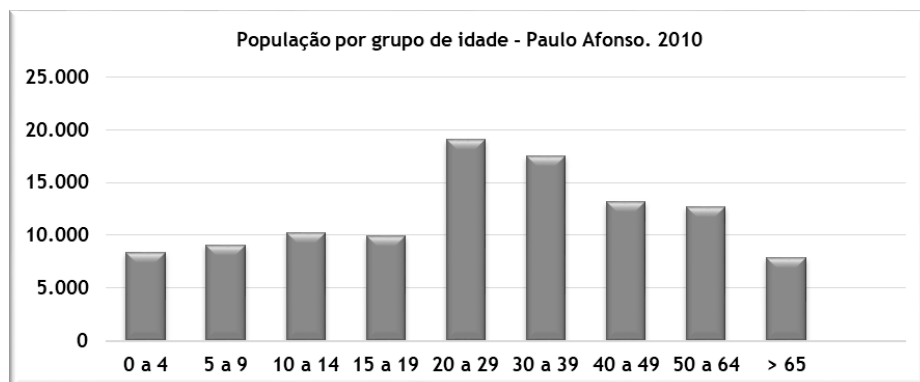
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.27. População por grupo de idade - Jeremoabo. 2010



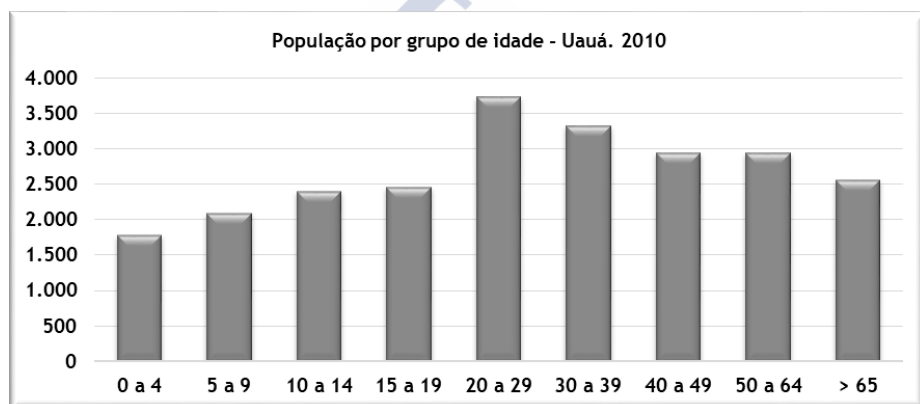
Fonte: IBGE.

Gráfico 3.28. População por grupo de idade - Juazeiro. 2010



Fonte: IBGE.

Gráfico 3.29. População por grupo de idade - Paulo Afonso. 2010



Fonte: IBGE.

Gráfico 3.30. População por grupo de idade - Uauá. 2010

3.3.2.3 Escolaridade

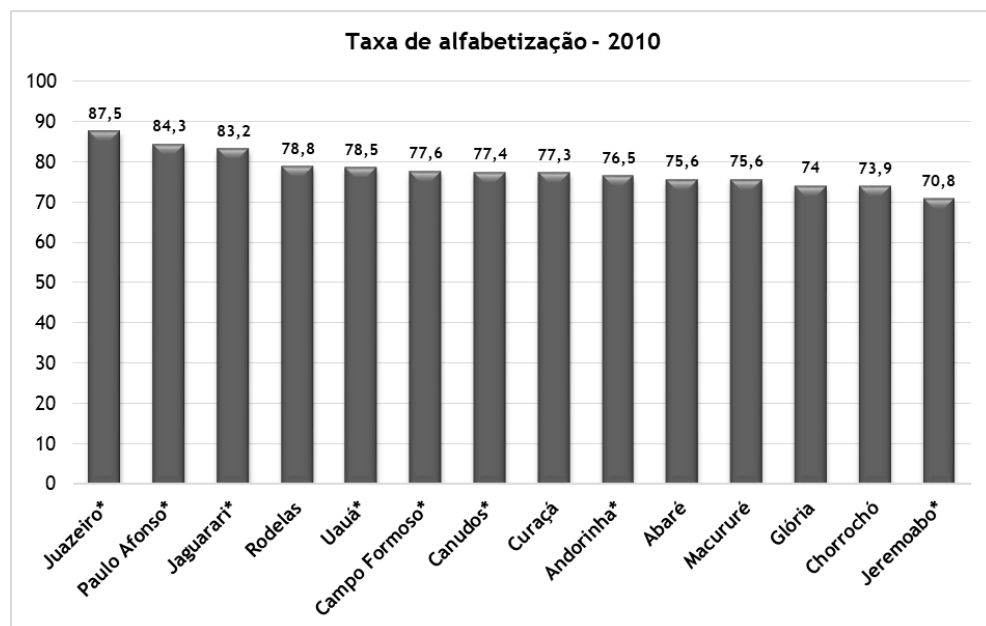
Os níveis de escolaridade dizem muito sobre o perfil social e econômico de um grupo populacional, e sobre seus reflexos intra e intermunicipais. O Gráfico 3.31 apresenta a taxa de alfabetização no ano de 2010, onde todos os municípios figuram com uma taxa entre 70 e 90%, valores expressivos para a região.

No entanto, necessitam de uma interpretação mais criteriosa. Para compreender o real significado destas taxas foram analisados os dados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios (PNAD), realizada em 2012 pelo IBGE, que identificou que 7,2 milhões, dos cerca de 200 milhões da população brasileira estimada para aquele ano, que deveriam saber ler e escrever, vivem nos estados da região Nordeste. São 52,7% do total dos analfabetos do Brasil, segundo a pesquisa. A taxa de analfabetismo funcional¹⁰ — pessoas com 15 anos ou

¹⁰ A Unesco define como "analfabeto funcional" toda pessoa que sabe escrever seu próprio nome, lê e escreve frases simples, sabe fazer cálculos básicos, contudo é incapaz de usar a leitura e a escrita em atividades rotineiras do dia a dia,

mais de idade e menos de quatro anos de estudo, segundo o IBGE ou, para os especialistas, pessoas que sabem ler e escrever, mas não entendem aquilo que leem — foi estimada em 20,4% em 2012. A maioria dos analfabetos funcionais (30,9%) está concentrada no Nordeste do Brasil, de acordo com a PNAD.

Tais informações demonstram que parte da estatística de alfabetizados levantados no Censo de 2010 pode, de fato, em muitas situações, corresponder à condição de *analfabeto funcional*, e deste modo as taxas de alfabetização para a região, conforme Gráfico 7.32, podem não refletir a realidade concreta.



Fonte: IBGE.

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

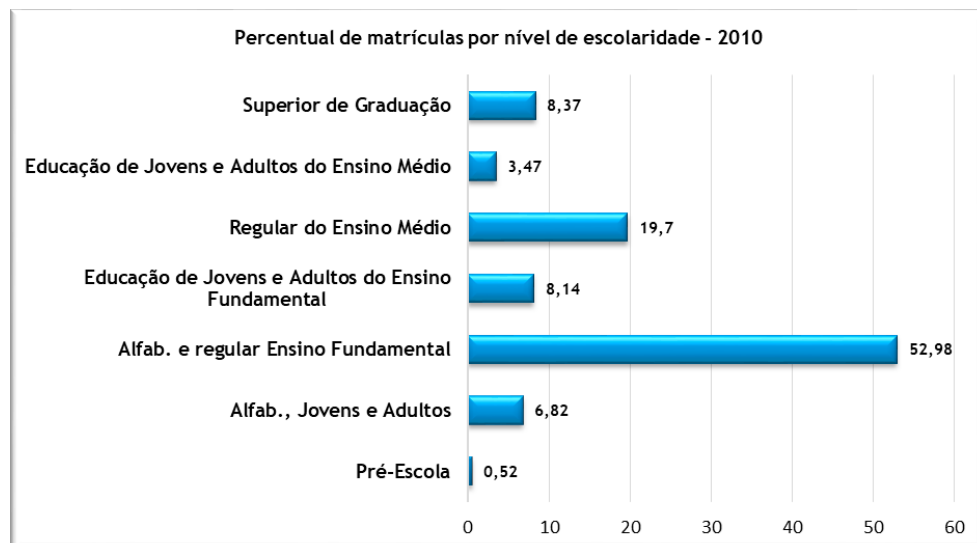
Gráfico 3.31. Taxa de alfabetização - 2010

Na análise dos níveis de escolaridade, o cenário regional assume significados que traduzem uma realidade educacional bastante precária (Gráfico 3.32): a maioria absoluta de matrículas — 52,98%, ou 74.162 (Tabela 3.11) — corresponde ao Ensino Fundamental, que contempla a alfabetização e as classes do 1º ao 9º ano; ou seja, a partir daí a evasão escolar é muito acentuada. No Ensino Médio, subsequente ao Fundamental, as matrículas decaem para 27.570, 19,70% do total de matriculados, reflexo do grande número de jovens que abandonaram a escola após, ou mesmo durante, o Ensino Fundamental.

Os dados percentuais totais das matrículas na Pré-Escola (0,52%) e Ensino Superior de Graduação (8,34%) — muito baixos — apontam para algumas questões que também revelam

impossibilitando seu desenvolvimento pessoal, profissional e o acesso ao mercado globalizado de trabalho, à mercê de dificuldades de aprendizagem do conhecimento tecnológico da modernidade.

a precariedade da função da escola no processo de ensino e aprendizagem para a formação dos jovens da região.



Fonte: IBGE.

Gráfico 3.32. Percentual de matrículas por nível de escolaridade - 2010

Tabela 3.11. Situação de escolaridade (número de matrículas) - 2010

	Pré-Escol	Alfab Jove e Adult	Alfab e Ens Fund	Edu Jov e Adu do Ens Fund	Regular Ensino Médio	Edu Jov e Adu do Ens Médio	Superior de Graduação	Total
Abaré	27	349	2.403	166	828	121	183	4.077
Andorinha*	3	109	2.009	144	655	153	128	3.201
Campo Form*	61	1.407	10.820	846	3.077	384	1.099	17.694
Canudos*	9	117	2.386	2.386	627	55	208	5.788
Chorrochó	9	748	1.733	156	488	101	0	3.235
Curaçá	122	635	4.658	431	1.612	246	196	7.900
Glória	11	200	1.920	223	561	126	84	3.125
Jaguarari*	26	276	3.674	401	1.503	304	377	6.561
Jeremoabo*	21	1.338	5.299	446	1.670	198	347	9.319
Juazeiro*	198	1.521	22.866	2.790	9.717	1.962	5.025	44.079
Macururé	7	541	927	156	465	69	157	2322
Paulo Afonso*	162	1.058	11.694	2.883	4.670	908	3.491	24.866
Rodelas	7	60	937	65	294	111	132	1606
Uauá*	58	1.190	2.836	308	1.403	116	292	6.203
Total	721	9549	74.162	11401	27570	4854	11719	139.976
Percentual em relação ao total	0,52	6,82	52,98	8,14	19,70	3,47	8,34	100
Total	139.976							

Fonte: IBGE.

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

A Pré-Escola, com matrículas muito exíguas, não tem representado uma etapa significativa para a formação das crianças na região, o que pode ter por consequência o seu ingresso na Alfabetização com conteúdos educacionais muito aquém dos necessários. Isto

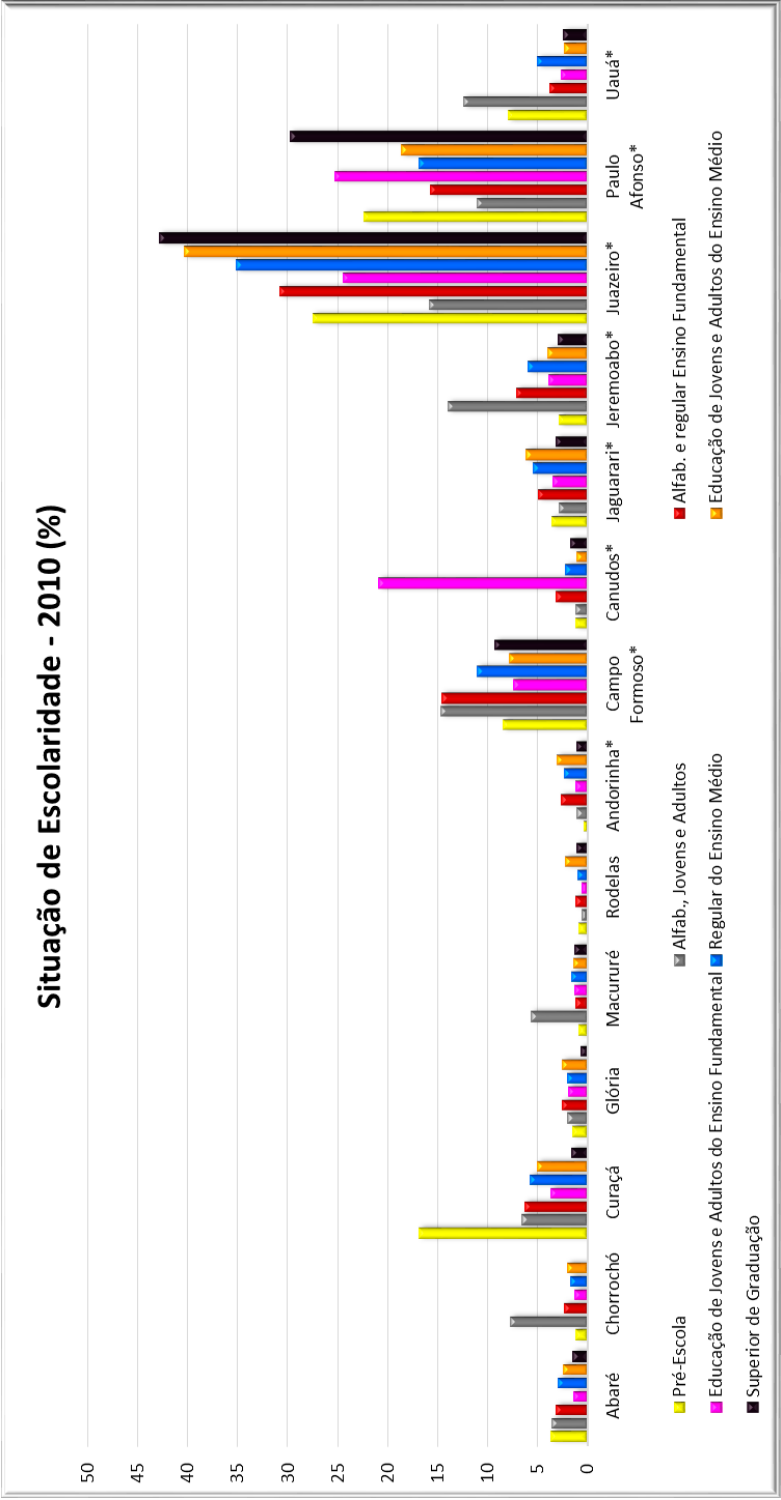
poderá comprometer o desempenho dessas crianças e jovens no Ensino Fundamental, retendo-as por maior tempo nesse nível escolar e retardando seu ingresso no Ensino Médio. Poderá também levar ao abandono da escola, que muitas vezes só será retomado anos mais tarde, ou não ser retomado.

Na outra ponta, o Ensino Médio (19,70%) e a Graduação (8,34%), percentuais pouco expressivos, demonstram que houve um forte abandono da escola nos níveis anteriores. Os motivos podem ser vários, mas estes jovens se tornam progressivamente excluídos de uma melhor qualificação profissional, o que virá a comprometer suas potencialidades e possibilidades de inserção no mundo do trabalho, de forma mais incisiva e competitiva.

A Educação de Jovens e Adultos nos níveis de Alfabetização (6,82%), Ensino Fundamental (8,14%) e Ensino Médio (3,47%), é consequência dos fatores negativos referidos, que implicam no abandono da escola por parte dos jovens em idade escolar regular. O retorno à escola para aqueles que já se encontram numa outra condição social — trabalhadores adultos, mães e pais de família — evidencia seu grande esforço e dedicação na busca para adquirir conhecimentos e ampliar suas possibilidades de ingresso no mercado de trabalho e atingir melhores níveis de renda. A ascensão social, dependente desta formação, estimula para que este grupo de pessoas busque mais uma vez a escola, e nesta oportunidade, não a abandone.

O Gráfico 3.33 demonstra a situação da escolaridade por município, em 2010, onde a discrepância regional aparece de modo contundente — os municípios não totalmente inseridos na RPGA-MC apresentam um perfil escolar muito mais dinâmico. Destacam-se Juazeiro e Paulo Afonso, de matriz econômica consolidada — agronegócio e geração de energia —, que demanda profissionais qualificados e estimula, deste modo, o setor educacional. Os percentuais ascendentes de matriculados nos níveis regulares de ensino, inclusive no Superior, apontam para uma maior presença e disseminação da educação das crianças e jovens em idade escolar.

Por outro lado, os municípios totalmente inseridos na RPGA-MC não apresentam situação sequer semelhante, sobretudo Rodelas, Macururé e Glória, cujos dados indicam o quanto tem sido precária a formação escolar das populações locais. É possível apontar que a baixa escolaridade vem se desdobrando, ao longo do tempo, em baixa qualificação profissional; ausência de competitividade no mercado de trabalho com desvalorização da mão de obra; e insuficiente participação individual e coletiva nas diretrizes sociais, econômicas e políticas da região. Trata-se da perpetuação de uma condição de atraso em relação aos municípios de entorno, com reflexos negativos, inclusive para as questões ambientais, uma vez que o insuficiente conhecimento em relação a práticas rurais sustentáveis contribui para a degradação destes sistemas.



Fonte: IBGE.

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

Gráfico 3.33. Situação de escolaridade - 2010 (%)

3.3.2.4 Estrutura fundiária

A análise dos principais aspectos econômicos que envolvem o espaço rural, lócus dos processos de desertificação, utilizou dados publicados pela SEI sobre os Territórios de Identidade da Bahia; IBGE, Censo Agropecuário do Brasil do ano de 2006; Produção Agrícola Municipal e Produção Pecuária Municipal, também deste instituto. O recenseamento previsto para o ano de 2016 sofreu um atraso e foi realizado em 2017, porém sua divulgação só deverá ocorrer a partir do segundo semestre de 2018.

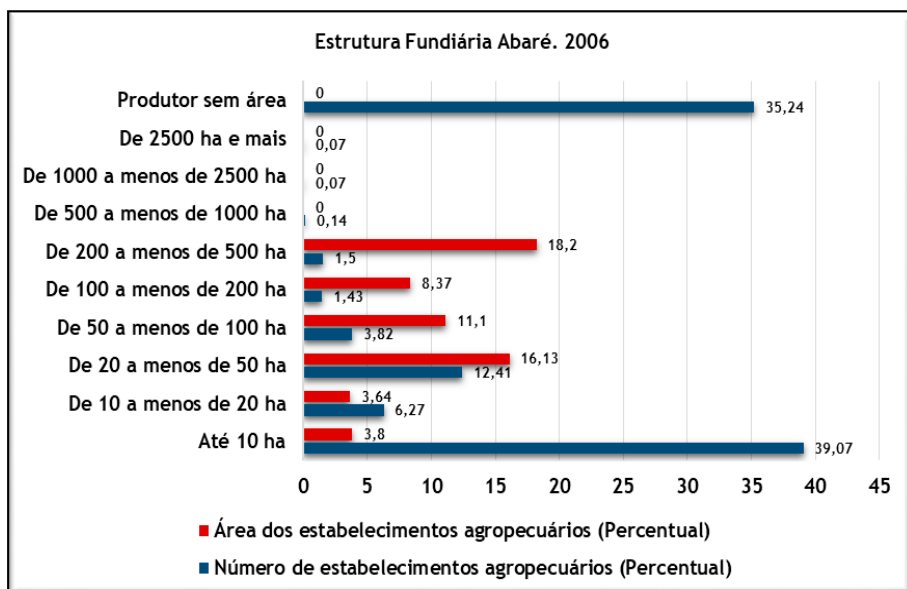
Os dados selecionados pretendem contribuir para avaliar em que medida as atividades produtivas rurais na RPGA-MC se relacionam com a degradação ambiental e os processos de desertificação, uma vez que a literatura especializada indica que este processo tem forte conexão com os manejos agropecuários e o desempenho econômico destas atividades e seus reflexos sociais.

Os dados referidos são: i) Estrutura Fundiária; ii) Distribuição da População por Setor de Atividade Econômica; iii) Uso das Terras; iv) Cultivos; v) Rebanhos; e, finalizando o capítulo, apresenta-se o vi) Perfil da Economia Regional, agregando às avaliações questões relativas ao Produto Interno Bruto *per capita*, População em Situação de Extrema Pobreza, População Atingida pelo Programa Bolsa Família, Coeficiente de Gini, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro.

A estrutura fundiária diz respeito à organização das propriedades ou estabelecimentos rurais quanto ao número, tamanho e distribuição espacial. O IBGE (2009, p. 40) define estabelecimento agropecuário como “toda unidade de produção dedicada, total ou parcialmente, a atividades agropecuárias, florestais e aquícolas, subordinada a uma única administração: a do produtor ou a do administrador”.

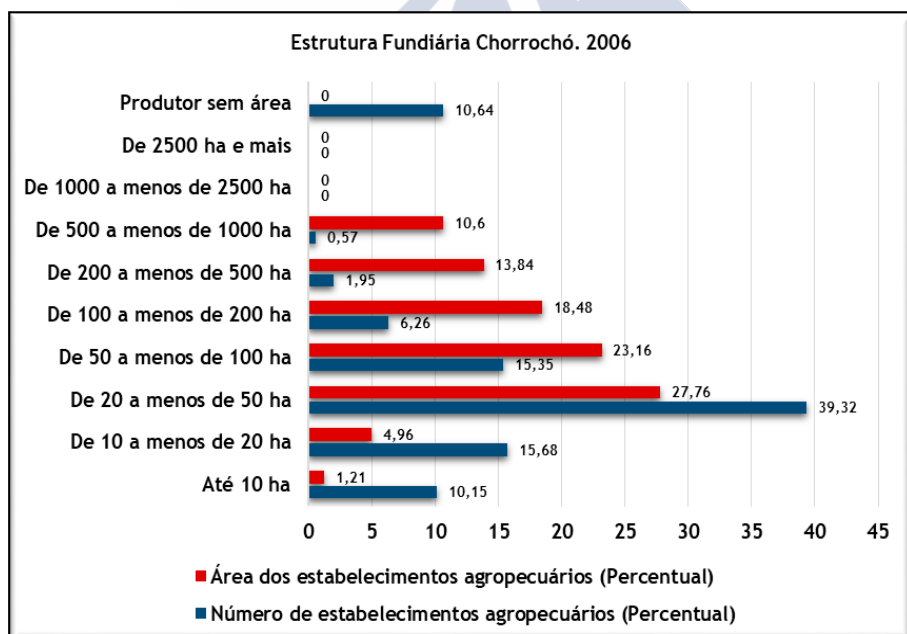
Em estudo do IBGE, publicado no sítio da Instituição — “Brasil agrário retratado pelo Censo Agropecuário 2006” —, os dados censitários apontam para a alta desigualdade na distribuição da posse da terra no Brasil, caracterizada pela enorme proporção da área total agrícola ocupada por estabelecimentos com área maior ou igual a 100 hectares (ha). Eles representam apenas 9,6% do total de estabelecimentos agrícolas no país e ocupam 78,6% da área total dedicada à atividade, ao passo que aqueles com área inferior a 10 ha constituem mais de 50% dos estabelecimentos e ocupam apenas 2,4% da área total (IBGE, 2009). Acresce também, segundo este estudo, que, em comparação aos dados do Censo Agropecuário de 1996, houve uma estabilidade da desigualdade fundiária medida pelo Coeficiente de Gini, em cerca de 0,856 — ou seja, muito acentuada.

Para avaliar a estrutura fundiária na RPGA-MC foram utilizados dados do Censo Agropecuário de 2006, data do último levantamento realizado no Brasil, e publicado em 2009 (Gráficos 3.34 a 3.42).



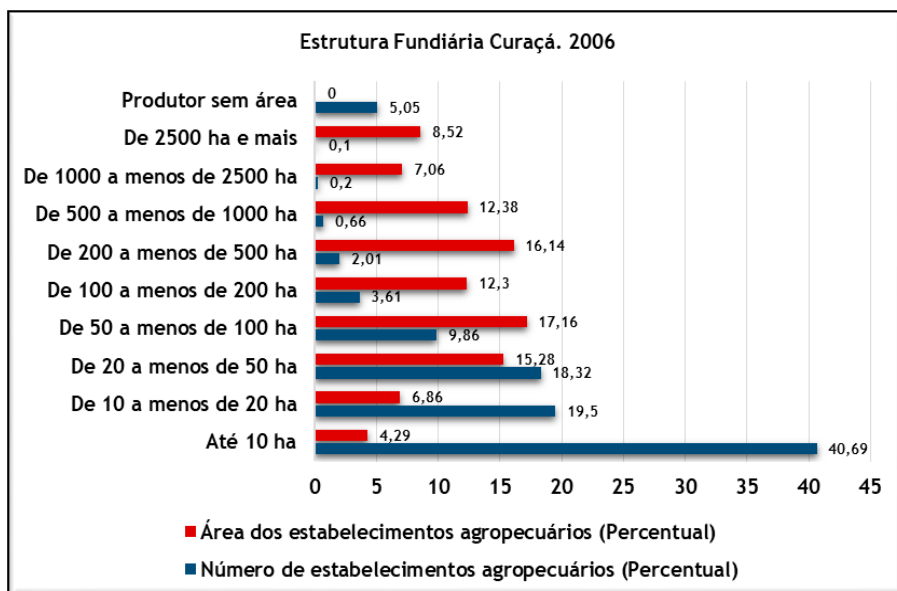
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.34. Estrutura Fundiária Abaré. 2006



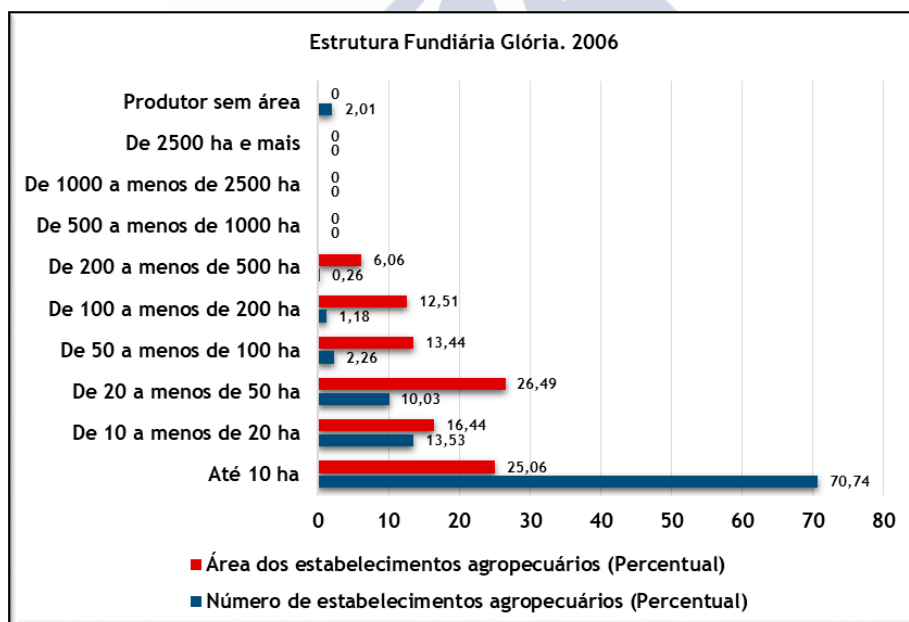
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.35. Estrutura Fundiária Chorrochó. 2006



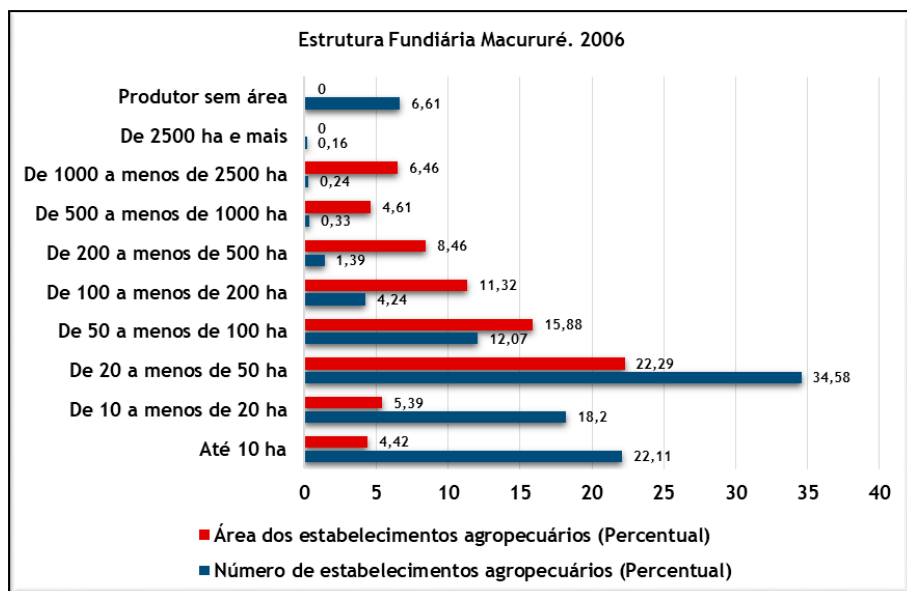
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.36. Estrutura Fundiária Curaçá. 2006



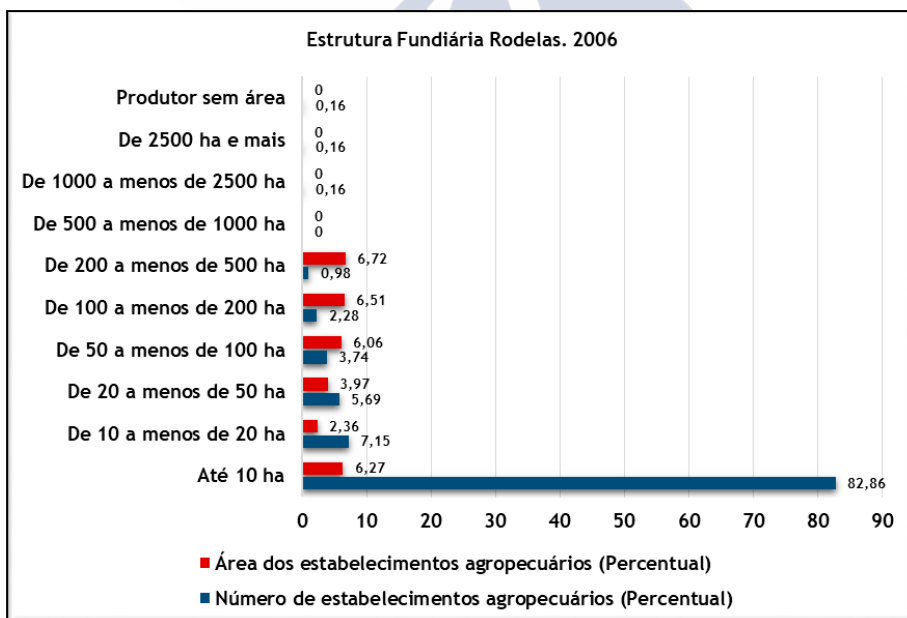
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.37. Estrutura Fundiária Glória. 2006



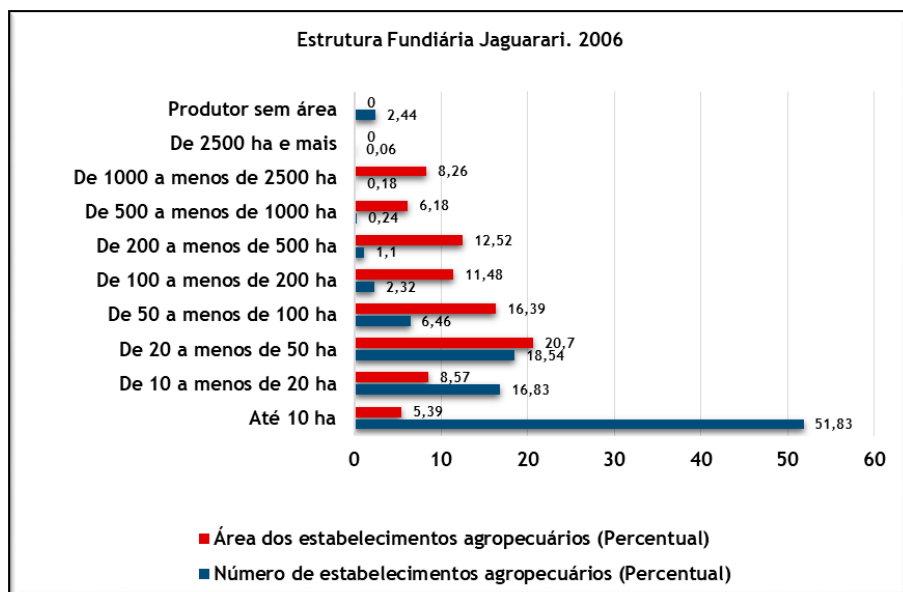
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.38. Estrutura Fundiária Macururé. 2006



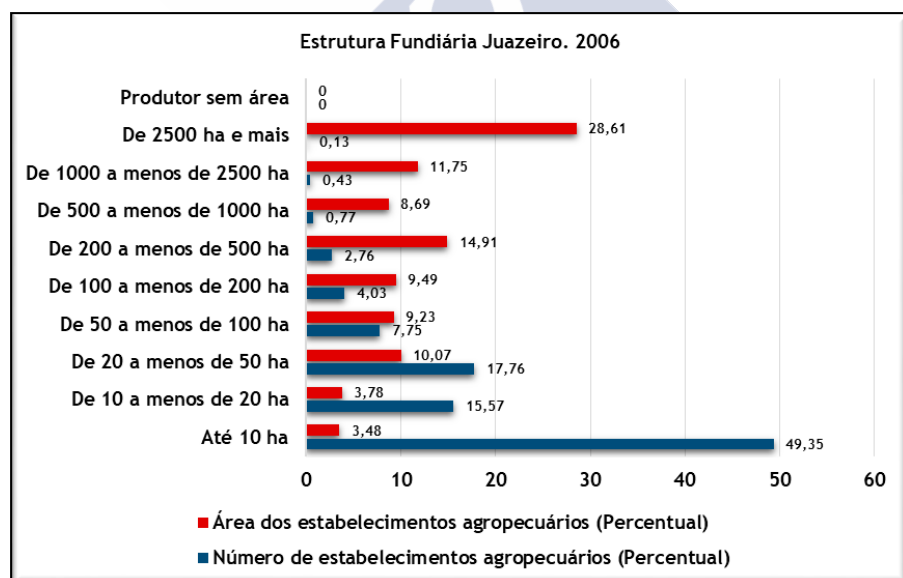
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.39. Estrutura Fundiária Rodelas. 2006



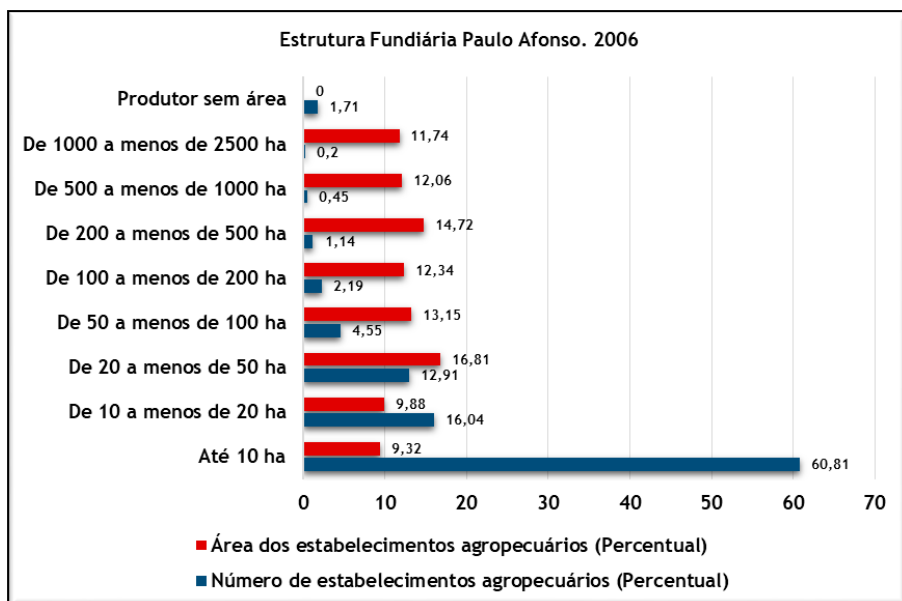
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.40. Estrutura Fundiária Jaguarari. 2006



Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.41. Estrutura Fundiária Juazeiro. 2006



Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.42. Estrutura Fundiária Paulo Afonso. 2006

Os dados trazidos nos Gráficos precedentes (3.34 a 3.42) e Tabelas (3.12 e 3.13) demonstram claramente uma desigual estrutura fundiária entre os municípios da região, tanto em número de estabelecimentos quanto em área. As políticas institucionais insuficientes e pouco eficazes, e os diferentes potenciais econômicos e sociais da região explicam, em grande medida, esta situação.

Em número de estabelecimentos agropecuários verifica-se que:

- Jaguarari, Juazeiro, Curaçá e Macururé possuem estabelecimentos em todas as classes de áreas definidas no recenseamento — de até 10 ha a mais de 2500 ha.
- Abaré apresenta estabelecimentos em apenas cinco das nove classes. É também o único município que tem um número muito elevado de estabelecimentos com *produtor sem-terra* — 35%.
- Em quase todos os municípios predominam estabelecimentos de até 10 ha. Rodelas (82,86%), Glória (70,74%) e Paulo Afonso (60,81%) têm, em número, estabelecimentos concentrados nessa classe.
- Os estabelecimentos de até 10 ha em Jaguarari, Juazeiro e Curaçá encontram-se em torno de 50%.
- Em Macururé e Chorrochó, exceções, predominam estabelecimentos entre 20 e 50 ha.
- Propriedades entre 10 e 20 ha e entre 20 e 50 ha, formam juntas um grupo que concentra em média 30% do número de estabelecimentos; exceto em Rodelas, Abaré, Macururé e Chorrochó.
- Propriedades entre 50 e 100 ha, predominam, em torno de 13%, em Macururé e Chorrochó.
- Acima de 100 ha os percentuais declinam em todos os municípios.

Tabela 3.12. Número de estabelecimentos agropecuários (percentuais) - 2006

	Até 10	10 a 20	20 a 50	50 a 100	100 a 200	200 a 500	500 a 1000	1000 a 2500	>2500	Sem área
Rodelas	82,86	7,15	5,69	3,74	2,28	0,98	-	-	-	0,16
Glória	70,74	13,53	10,03	2,26	1,18	0,20	-	-	-	2,00
Paulo Afo*	60,81	16,04	12,91	4,55	2,19	1,14	0,45	0,20	-	1,71
Jaguarari*	51,83	16,83	18,54	6,46	2,32	1,10	0,20	0,20	0,20	2,44
Juazeiro*	49,35	15,57	17,76	7,75	4,03	2,76	0,77	0,43	0,13	-
Curaçá	40,69	19,50	18,32	9,86	3,61	2,00	0,70	0,20	0,20	5,05
Abaré	39,00	-	12,41	3,82	1,43	1,50	-	-	-	35,00
Macururé	22,11	18,20	34,58	12,07	4,24	1,39	0,33	0,24	0,16	6,61
Chorrochó	10,00	15,68	39,00	15,35	6,26	1,95	0,57	-	-	10,64

Fonte: Censo Agropecuário IBGE, 2006

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC.

A estrutura fundiária desigual torna-se ainda mais clara diante dos dados relativos à área dos estabelecimentos agropecuários:

- Glória se destaca pela quantidade de terras (25,06%) ocupadas por propriedades de até 10 ha. São 70,74% das propriedades nessa condição, o que demonstra o predomínio de pequenas propriedades neste município.
- Glória apresenta também um número importante de propriedades entre 10 e 50 ha (26,56%) ocupando 42,93% das terras.
- Na sequência, vêm, por área e número de estabelecimentos de até 10 ha: Paulo Afonso (9,32% e 60,81%), Rodelas (6,27% e 82,86%) e Jaguarari (5,39% e 51,83%). Os demais não apresentam situação tão acentuada quanto Glória.
- Em oposição se destacam as grandes propriedades acima de 500 ha: 49,05% das terras de Juazeiro são ocupadas por apenas 1,33% das propriedades; Curaçá, 27,94% para 1,10%; Paulo Afonso, 23,80% para 0,65%; Jaguarari, 14,44% para 0,40%; e Macururé, 11,27% para 0,73% das propriedades. Dentre estas, a concentração das terras é mais acentuada em Juazeiro.
- Chorrochó se diferencia por possuir terras concentradas, sobretudo em propriedades entre 20 e 1000 ha.

Tabela 3.13. Área de estabelecimentos agropecuários (percentuais) - 2006

	Até 10	10 a 20	20 a 50	50 a 100	100 a 200	200 a 500	500 a 1000	1000 a 2500	>2500
Glória	25,06	16,44	26,49	13,44	12,51	6,06	-	-	-
Paulo Afo*	9,32	9,88	16,81	13,15	12,34	14,72	12,06	11,74	-
Rodelas	6,27	2,36	3,97	6,06	6,51	6,72	-	-	-
Jaguarari*	5,39	8,57	20,70	16,39	11,48	12,52	6,18	8,26	-
Macururé	4,42	5,39	22,29	15,88	11,32	8,46	4,61	6,46	0,16
Curaçá	4,29	6,86	15,28	17,16	12,30	16,14	12,38	7,06	8,50
Abaré	3,80	-	16,13	11,10	8,37	18,20	-	-	-
Juazeiro*	3,48	3,78	10,07	9,23	9,49	14,91	8,69	11,75	28,61
Chorrochó	1,21	5,00	28,00	23,16	18,48	13,84	10,60	-	-

Fonte: Censo Agropecuário IBGE, 2006

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC.

As análises feitas permitem avaliar que a distribuição das terras na região da RPGA-MC é fortemente desigual, visto que o número de propriedades de menor dimensão areal é muito elevado em todos os municípios, sobretudo na classe até 10 ha, e ocupa as menores dimensões de terras. A existência de estabelecimentos onde os trabalhadores rurais não são os donos

destas terras é, também, um dado que reforça tal avaliação. Trabalhadores rurais sem-terra são muito frequentes no espaço rural brasileiro e, na região, Abaré é o único município que tem um número muito elevado de estabelecimentos com produtor sem-terra — 35%. Neste caso, o produtor, por não ter a posse da terra, se vê obrigado, na maioria das vezes, a arrendar¹¹ a terra alheia ou tornar-se meeiro¹² para prover suas mínimas necessidades de sobrevivência.

Jaguarari, Juazeiro, Curaçá e Macururé possuem estabelecimentos em todas as classes de áreas — de até 10 ha a mais de 2500 ha —, o que aponta para uma maior diversidade na estrutura fundiária, porém não se traduz em melhor distribuição das terras e, para ilustrar, ressalta-se que a concentração fundiária regional é mais acentuada em Juazeiro.

O número de estabelecimentos de até 10 ha em Jaguarari, Juazeiro e Curaçá encontra-se em torno de 50%, o que pode traduzir uma mudança processual na estrutura fundiária ao longo do tempo, que fez declinar a prevalência numérica das pequenas propriedades de até 10 ha. Porém, por consequência, ampliou o número de médias e grandes propriedades, resultado da inserção do agronegócio nesses municípios.

3.3.2.5 Atividades econômicas

A distribuição da população por setor de atividade econômica (Tabela 3.14) foi realizada em anos não coincidentes, devido às fases de coleta, o que, no entanto, não prejudica sua aplicação para a análise aqui pretendida, que é tão somente verificar em quais setores da economia, ou do mercado de trabalho, as pessoas estão inseridas.

A Administração Pública emprega o maior quantitativo de pessoas em todos os municípios e constitui a principal fonte de renda, sem exceção, para os inseridos na RPGA-MC, o que torna o setor extremamente estratégico para a economia local. Chorrochó, Macururé e Rodelas têm a menor incidência de ocupação por setor, ou seja, a oferta de trabalho nestes municípios é das mais baixas, tornando a administração pública a única opção de geração de renda. Curaçá se destaca por apresentar mais diversidade de setores ocupados, sobretudo comércio e agropecuária, e setores afins.

Ao examinar os municípios que estão parcialmente inseridos na RPGA-MC, é significativa a presença de pessoal ocupado nos setores de comércio, serviços, e agropecuária, extrativismo vegetal, caça e pesca, principalmente em Juazeiro e Paulo Afonso. Além de adquirirem maior relevância, diversificam a economia regional e demandam melhor qualificação da mão de obra.

Esta situação de total antagonismo entre os municípios inseridos na região de águas e os não inseridos, chama a atenção e pode ser entendida como reflexo de distintas políticas de investimentos públicos e privados. Juazeiro e Paulo Afonso fazem parte de um conjunto de planejamentos governamentais que remontam à década de 1960, para geração de energia hidroelétrica e agricultura irrigada, ambos a partir do uso das águas do rio São Francisco. Jaguarari, importante produtor de cobre, apresenta expressivo número de pessoas ocupadas no

¹¹ O arrendamento define-se na cessão onerosa do uso e gozo de um imóvel rural, em parcelas ou não, incluindo ou excluindo outros bens, benfeitorias (melhoras no imóvel) e outras facilidades, com a finalidade de exercer atividade de exploração agrícola, pecuária, agroindustrial, extrativa ou mista. Para que isto aconteça é necessário certa retribuição ou aluguel, observando os limites estabelecidos pela Lei.

¹² Meeiro é o indivíduo que cultiva o terreno alheio e divide igualmente, com o dono deste, os frutos produzidos.

setor de mineração que, de certo modo, apesar de não gerar riqueza local, impulsiona e retroalimenta os demais setores da economia, como comércio e serviços. Em contrapartida, a agropecuária e afins têm uma participação relativa muito baixa, no cômputo da economia destes municípios.

Tabela 3.14. Pessoal ocupado no mercado formal de trabalho por setor de atividade econômica

Setor de Atividade / Ano	1	2	3	4	5	6	7	8
Abaré	2006	-	-	-	17	11	394	81
	2009	-	15	-	28	6	695	146
Chorrochó	2006	-	-	-	9	9	300	-
	2009	-	-	-	26	8	321	-
Curaçá	2005	1	-	21	36	145	28	524
	2008	5	26	26	12	186	54	1071
Glória	2006	-	3	-	2	27	3	528
	2009	-	6	-	-	25	5	769
Macururé	2006	-	-	-	-	6	3	313
	2009	-	-	-	-	9	-	447
Rodelas	2006	-	-	-	-	6	8	130
	2009	-	-	-	-	7	6	437
Jaguarari*	2008	960	104	36	34	221	339	1.091
	2011	1.219	98	4	85	285	428	1.538
Juazeiro*	2005	27	3.239	543	330	5.101	3.237	5.005
	2008	34	3.499	458	859	6.276	4.658	6.409
Paulo Afonso*	2006	2	498	967	433	2.724	2.448	2.622
	2009	7	585	938	488	3.111	2.653	3.967

Fonte: Ministério do Trabalho-RAIS, apud Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI); Estatísticas dos Municípios Baianos. 1. Extrativa mineral. 2. Indústria de transformação. 3. Serviços industriais de utilidade pública. 4. Construção civil. 5. Comércio. 6. Serviços. 7. Administração pública. 8. Agropecuária, extrativa vegetal, caça e pesca.

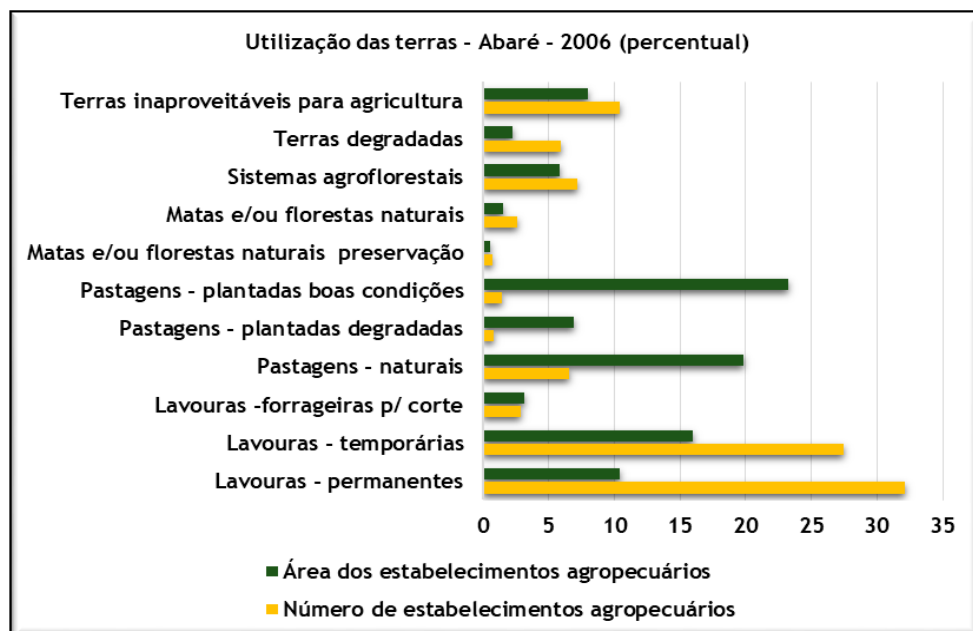
*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC.

3.3.2.6 O uso das terras

As terras rurais na RPGA-MC são utilizadas sobretudo para a pecuária e para a agricultura que juntas formam a base de sustentação econômica regional da maioria dos municípios da região.

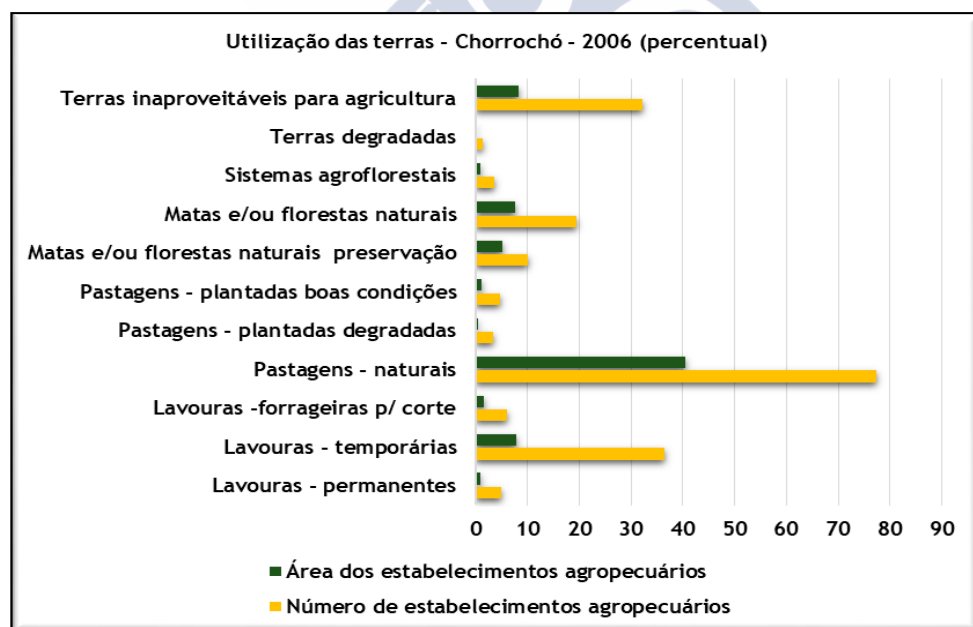
Não se destaca pela geração de postos de trabalho, a não ser em Juazeiro (mais de 4000 pessoas em 2008), visto que, neste município a agricultura irrigada junto a calha do rio São Francisco e sistemas de adução, já está consolidada há muito tempo e cresce regularmente. Em seguida tem-se Curaçá (297 em 2008), Paulo Afonso (145 em 2009) e Abaré (146 em 2009), que apesar de não se comparar a Juazeiro, têm importância indiscutível no cenário agropecuário rural.

As características quanto aos usos das terras são semelhantes em todos os municípios (Gráficos 3.43 a 3.51), entretanto, ocorrem aspectos dominantes, que têm relação com os processos de desertificação. A importância das atividades rurais e as formas com que são conduzidas implicam em transformações espaciais que conduzem a tais processos, principalmente, a pecuária extensiva.



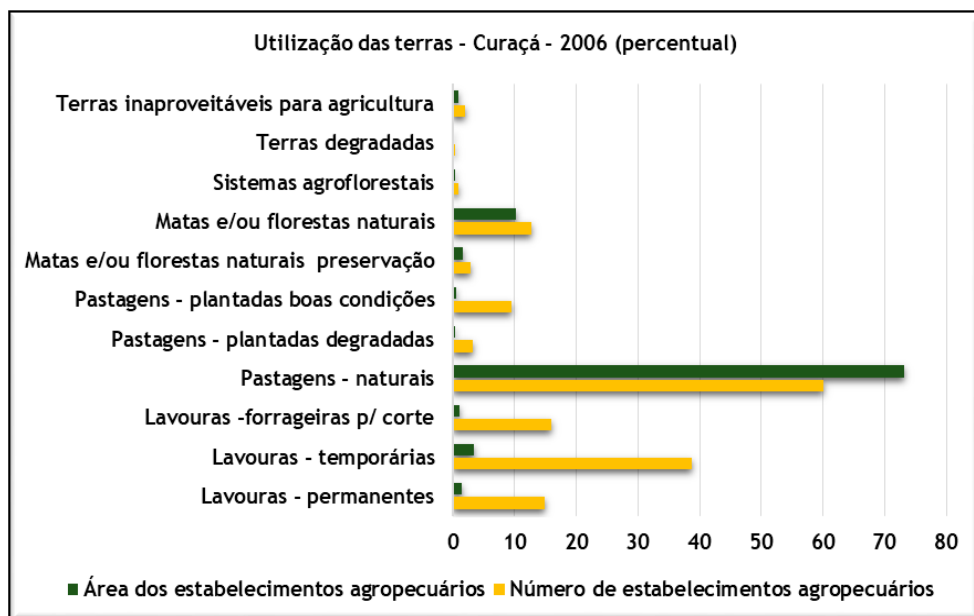
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.43. Utilização das terras - Abaré - 2006 (percentual)



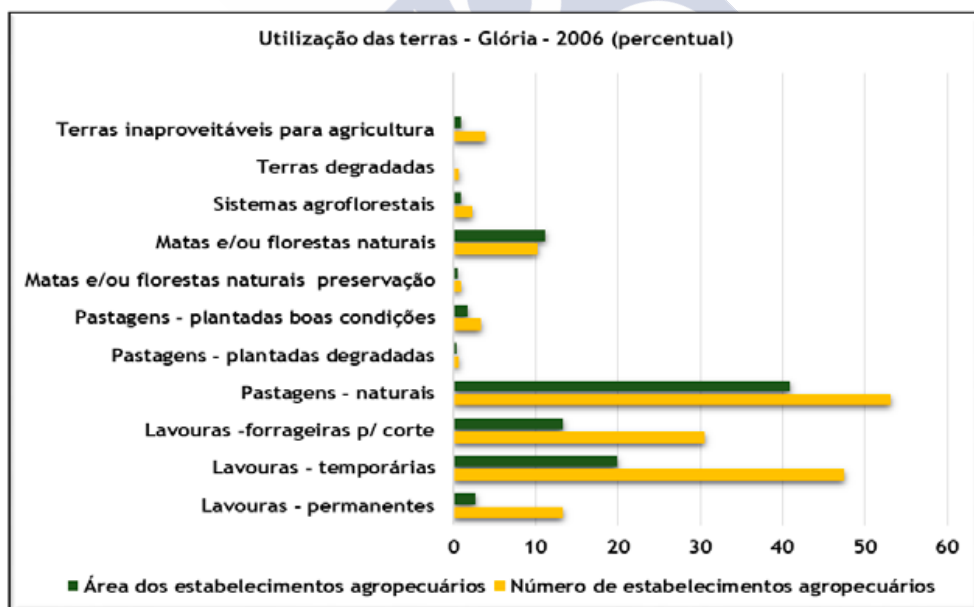
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.44. Utilização das terras - Chorrochó - 2006 (percentual)



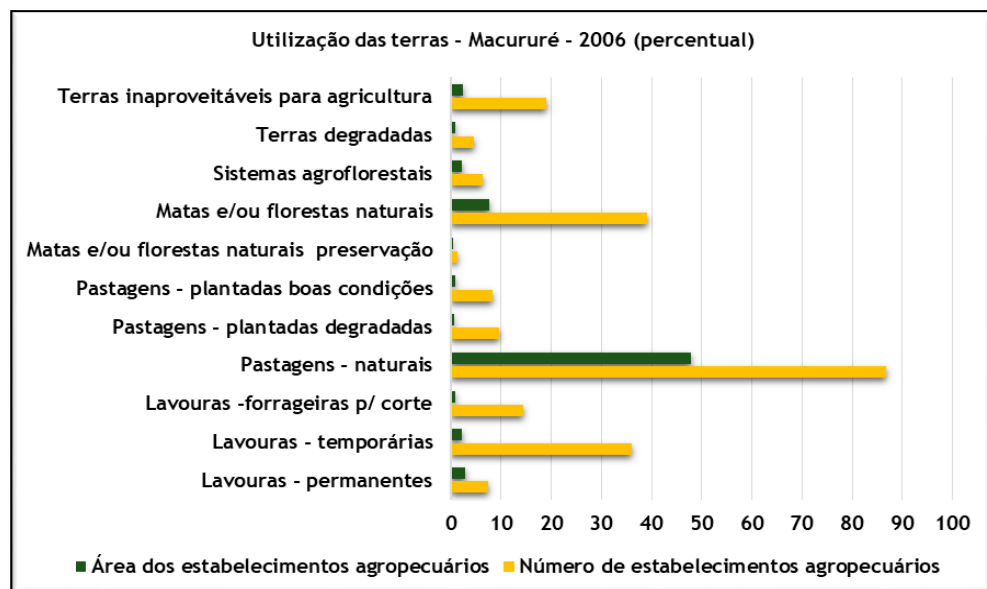
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.45. Utilização das terras - Curaçá - 2006 (percentual)



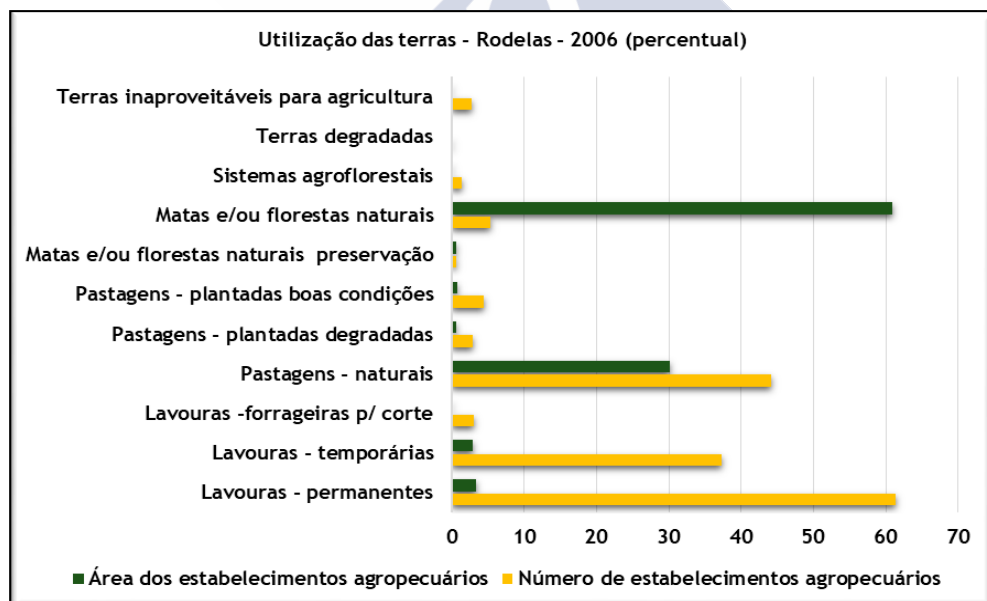
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.46. Utilização das terras - Glória - 2006 (percentual)



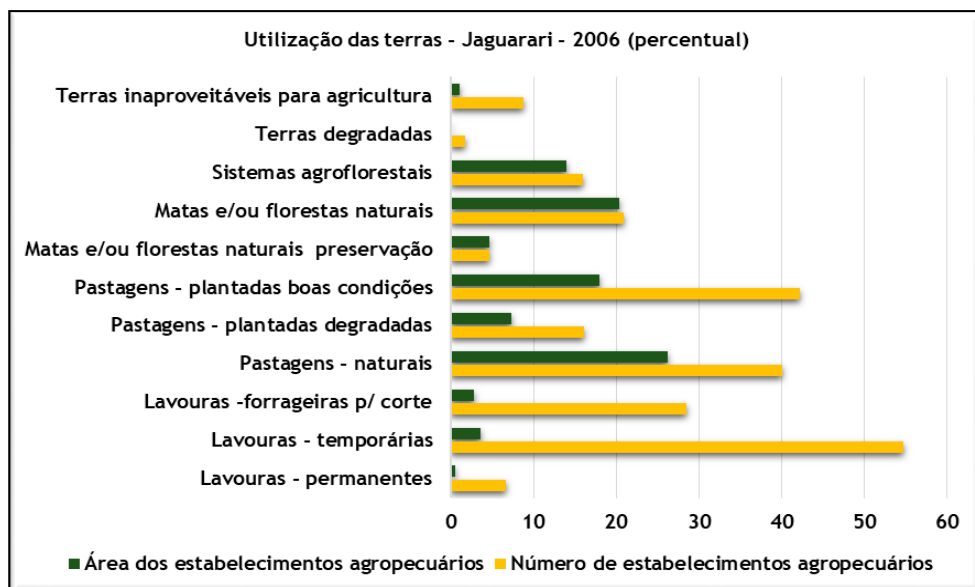
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.47. Utilização das terras - Macururé - 2006 (percentual)



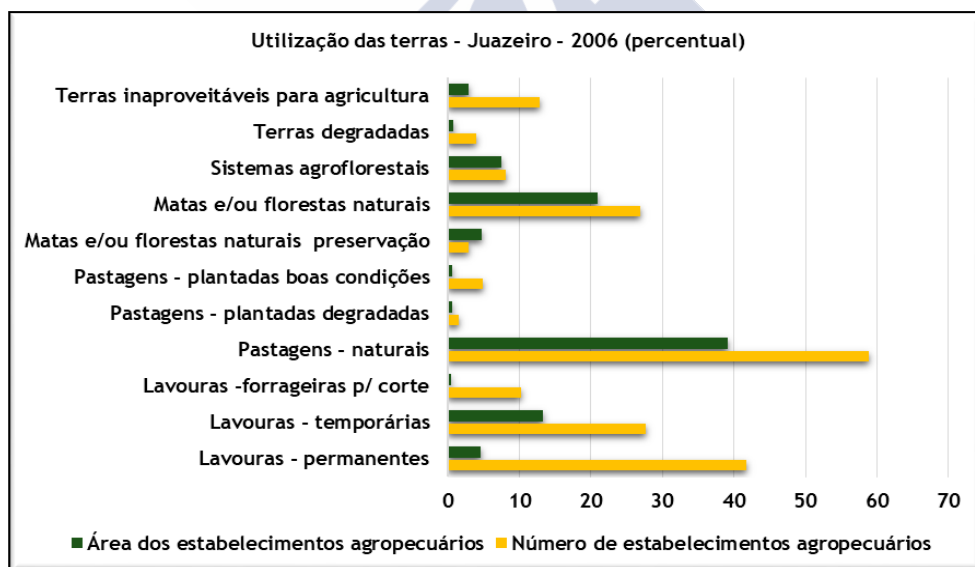
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.48. Utilização das terras - Rodelas - 2006 (percentual)



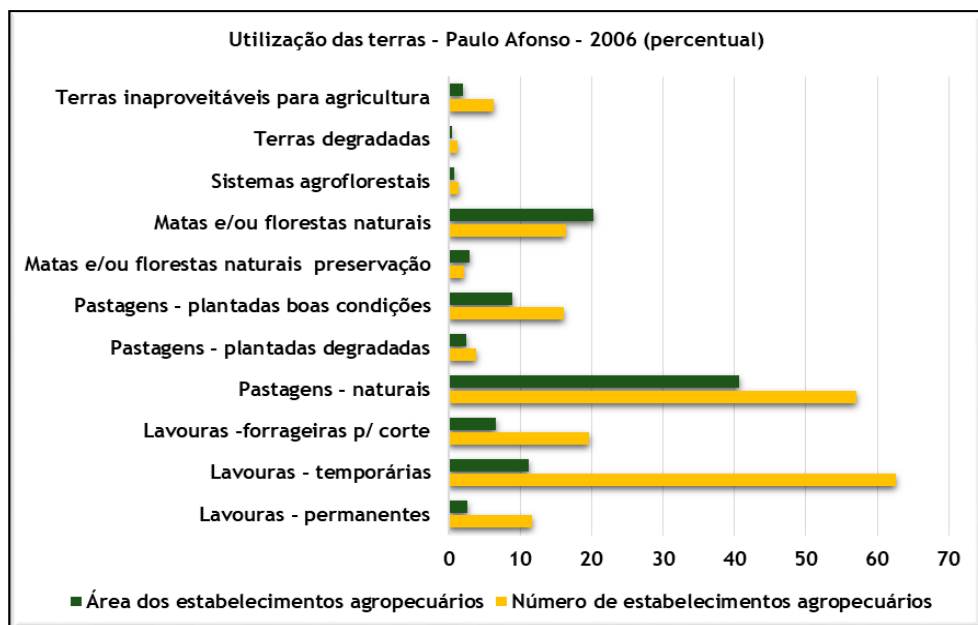
Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.49. Utilização das terras - Jaguarari - 2006 (percentual)



Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.50. Utilização das terras - Juazeiro - 2006 (percentual)



Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.51. Utilização das terras - Paulo Afonso - 2006 (percentual)

A pecuária é uma das atividades rurais mais importantes na região. Os rebanhos de caprinos, bovinos e ovinos, presentes em todo território, necessitam de grandes extensões de pastos, sobretudo quando se trata da pecuária extensiva nas caatingas, havendo, entretanto, os pastos plantados que, comparativamente, nutrem melhor os animais. Ressalta-se que o Censo Agropecuário de 2006 indicou que 36% do total das pastagens do país — 60 milhões de ha — são naturais e ocorrem sobretudo nas regiões Nordeste e Sul do Brasil. Este dado remete a indagações quanto a capacidade de suporte destas pastagens para nutrir os animais e se autossustentarem. Nas demais, desde o recenseamento de 1996, predominam pastos plantados.

As pastagens naturais são, de fato, muito extensas, 73,25% em Curaçá e quase a metade das terras rurais, em Chorrochó (40,48%), Glória (40,94%), Macururé (47,77%) e Paulo Afonso (40,58%), (Tabela 3.15). Em número é bastante significativa a situação de Macururé, onde 86,79% dos estabelecimentos são ocupados por pastos naturais, Chorrochó (77,42%), Curaçá (60,17%), Juazeiro (58,88%), Paulo Afonso (57,04%) e Glória (53,14%).

A relação entre estes dados, área e número, indica que as pastagens naturais estão fortemente presentes nas pequenas propriedades rurais, visto o número de estabelecimentos ser, em maioria, superior às áreas ocupadas. A baixa capacidade em recursos para o plantio e manutenção de pastos, bem como a tradição secular dos rebanhos soltos nas caatingas, explicam, em parte, esta situação. Este costume tem mantido os rebanhos, mesmo neste ambiente semiárido, permitindo seu livre trânsito por longas distâncias na busca por alimento e água.

Tabela 3.15. Distribuição da área e número de estabelecimentos ocupados por pastagens naturais (percentuais) - 2006

	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos
Abaré	19,85	6,54
Chorrochó	40,48	77,42
Curaçá	73,25	60,17
Glória	40,94	53,14
Macururé	47,77	86,79
Rodelas	30,16	44,23
Jaguarari*	26,18	40,06
Juazeiro*	39,07	58,88
Paulo Afonso*	40,58	57,04

Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

Quando se trata das pastagens plantadas e em boas condições de uso, bem como as que já se encontram degradadas, Tabela 3.16, o cenário rural é diametralmente oposto. As boas pastagens plantadas só têm relevância em dois municípios. Em Abaré, 23,24% da área dos estabelecimentos rurais, que em número somam apenas 1,43%, possuem boas pastagens plantadas, e chama a atenção que a proporção entre estes dados indica tratar-se de grandes propriedades: área muito superior ao número. Jaguarari se destaca pelo grande número de estabelecimentos — 42,20% — com boas pastagens plantadas. Em área, os percentuais estão em torno de 18%, indicando propriedades pequenas ou até mesmo médias.

É significativo o percentual de pastagens plantadas e degradadas em Jaguarari e Macururé, existindo, inclusive, a probabilidade de este processo evoluir para desertificação, em se mantendo os usos e manejos atuais. Nos demais esta situação é menos relevante.

Tabela 3.16. Distribuição da área e número de estabelecimentos ocupados por pastagens plantadas em boas condições ou degradadas (percentuais) - 2006

	Pastagens plantadas em boas condições		Pastagens plantadas degradadas	
	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos
Abaré	23,24	1,43	6,90	0,82
Chorrochó	1,04	4,71	0,36	3,25
Curaçá	0,52	9,49	0,30	3,21
Glória	1,72	3,40	0,34	0,62
Macururé	0,86	8,32	0,74	9,62
Rodelas	0,80	4,39	0,60	2,93
Jaguarari*	17,97	42,20	7,36	16,16
Juazeiro*	0,62	4,95	0,59	1,54
Paulo Afonso*	8,95	16,08	2,46	3,86

Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

As lavouras forrageiras que contribuem para a alimentação dos rebanhos ocupam áreas muito pequenas dos estabelecimentos rurais (Tabela 3.17); somente Glória atinge um valor maior, 13,32% das terras. Contudo, em número, os percentuais são bem mais importantes, sobretudo em Glória (30,5%), Jaguarari (28,48%) e Paulo Afonso (19,61%).

Tabela 3.17. Lavouras forrageiras para corte (percentuais) - 2006

	Lavouras forrageiras para corte	
	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos
Abaré	3,11	2,86
Chorrochó	1,52	5,93

Curaçá	1,15	15,87
Glória	13,32	30,50
Macururé	0,87	14,44
Rodelas	0,00	3,09
Jaguarari*	2,81	28,48
Juazeiro*	0,41	10,22
Paulo Afonso*	6,55	19,61

Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

As atividades agrícolas da lavoura temporária e da lavoura permanente figuram, lado a lado com a pecuária, como importante setor produtivo regional. Os gráficos de 3.43 a 3.51 e a tabela 3.18 apresentam sua distribuição, em percentuais, por área ocupada e número de estabelecimentos envolvidos.

Tabela 3.18. Distribuição da área e número de estabelecimentos ocupados por lavouras temporária e permanente (percentuais) - 2006

	Lavoura temporária		Lavoura permanente	
	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos
Abaré	15,97	27,47	10,38	32,11
Chorrochó	7,79	36,47	0,79	4,87
Curaçá	3,41	38,78	1,4	14,84
Glória	19,97	47,43	2,75	13,27
Macururé	2,13	36,13	2,87	7,5
Rodelas	2,9	37,24	3,34	61,30
Jaguarari*	3,55	54,63	0,57	6,71
Juazeiro*	13,30	27,61	4,58	41,72
Paulo Afonso*	11,15	62,53	2,54	11,65

Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006.

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

A lavoura temporária é praticada em maiores extensões de terra em todos os municípios — entre 10 e 20% em Abaré, Glória, Juazeiro e Paulo Afonso —; percentuais abaixo de 10% são encontrados em Chorrochó, Curaçá, Macururé, Rodelas e Jaguarari. Quando se trata do número de estabelecimentos onde predomina o plantio permanente, se destacam Abaré (32,11%), Juazeiro (41,72%) e Rodelas (61,30%), favorecidos pela irrigação.

Em que pese a relevância e a extensão das terras agro-ocupadas, tanto por lavouras quanto por pastagens, a região ainda tem uma importante porção de seu território coberto por matas e/ou florestas naturais (Tabela 3.19). Em área, as maiores extensões ocorrem em Rodelas, com 60,98% do município recoberto por vegetação natural, em 5,37% dos estabelecimentos rurais, o que faz supor que sejam grandes remanescentes contínuos, com baixa fragmentação. São também significativos os percentuais, em área, de Juazeiro (21,01%), Jaguarari (20,38%) e Paulo Afonso (20,32%).

É interessante observar que em número de estabelecimentos a maioria apresenta dados bem razoáveis: em torno de 20% em Chorrochó e Jaguarari, 26,84% em Juazeiro, e quase 40% em Macururé. Abaré e Curaçá encontram-se numa posição extremamente desfavorável: menos de 3%, tanto em área quanto em número de estabelecimentos, bem como Glória, em torno de 10%.

As matas e/ou florestas destinadas à preservação permanente ou à reserva legal (Tabela 3.19) são insignificantes em todos os municípios e apontam para a baixa regularização das

Unidades de Conservação, conforme recomenda o Sistema Nacional de Unidades de Conservação/SNUC e o Código Florestal. Somente Chorrochó e Curaçá protegem cerca de 10% dos estabelecimentos rurais, o que é muito pouco diante do contexto municipal.

3.19. Distribuição da área e número de estabelecimentos ocupados por matas e/ou florestas naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais) e matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal (percentuais) - 2006

	Matas e/ou florestas naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais)		Matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	
	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos
Abaré	01,48	2,59	0,57	0,68
Chorrochó	07,54	19,50	5,19	9,99
Curaçá	01,65	2,87	0,52	9,49
Glória	11,22	10,19	0,51	0,98
Macururé	07,59	39,15	0,43	1,39
Rodelas	60,98	5,37	0,54	0,65
Jaguarari*	20,38	20,85	4,64	4,63
Juazeiro*	21,01	26,84	4,70	2,87
Paulo Afonso*	20,32	16,36	2,85	2,11

Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

Na mesma perspectiva, os sistemas agroflorestais (Tabela 3.20) são muito pouco desenvolvidos na região, com percentuais das áreas ocupadas por este manejo sempre inferiores a 1% em todos os municípios, exceto Jaguarari, que chega a 13,94% em área e 15,98% dos estabelecimentos rurais. O número de estabelecimentos que adotam esse manejo em Juazeiro, Abaré e Macururé se destaca dos demais, mas ainda assim é pouco significativo, nunca ultrapassando 10%.

Tabela 3.20. Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais (percentuais) - 2006

	Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais	
	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos
Abaré	0,83	7,16
Chorrochó	0,92	3,57
Curaçá	0,00	0,93
Glória	0,96	2,31
Macururé	0,24	6,28
Rodelas	0,00	1,30
Jaguarari*	13,94	15,98
Juazeiro*	0,50	8,14
Paulo Afonso*	0,81	1,30

Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

As terras ditas inaproveitáveis para agricultura, onde pântanos, areais e pedreiras, impedem algum tipo de uso (Tabela 3.21), atingem, em área e em número de estabelecimentos, principalmente quatro municípios — Chorrochó (8,37% e 32,17%), Macururé (2,34% e 18,92%), Juazeiro (2,85% e 12,81%) e Abaré (8,00% e 10,34%). As declaradas degradadas por erosão, desertificação e salinização atingem apenas dois municípios — Abaré (2,27% e 5,95%) Macururé (0,76% e 4,49%) e Juazeiro (0,82% e 4,03%) — muito pouco frente a fragilidade ambiental regional.

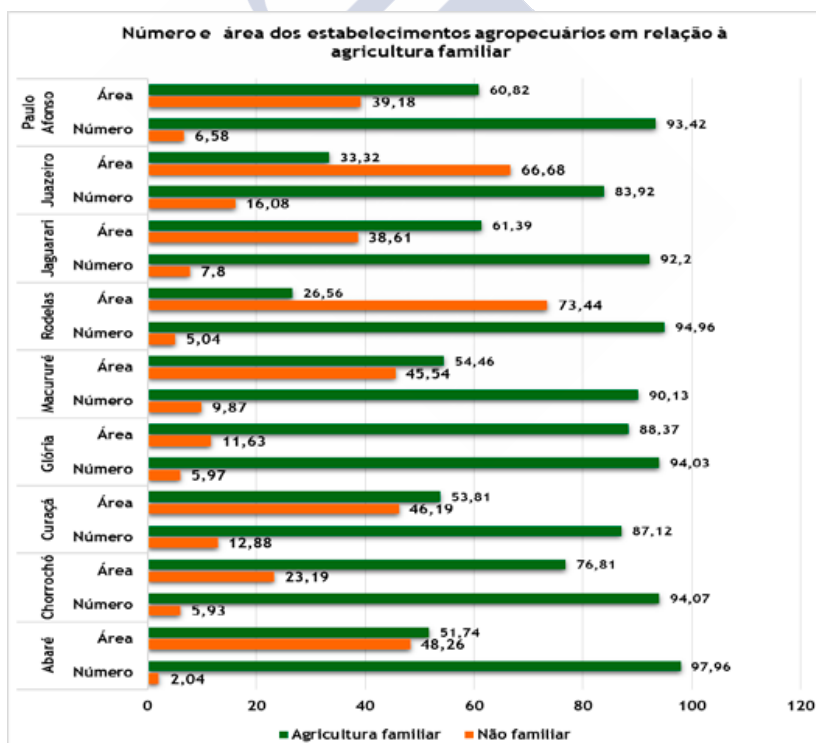
Tabela 3.21. Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras etc.) e Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas etc.) (percentuais) - 2006

	Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras etc.)		Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas etc.)	
	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos	Área dos estabelecimentos	Número dos estabelecimentos
Abaré	8,00	10,43	2,27	5,93
Chorrochó	8,37	32,17	0,10	1,38
Curaçá	0,90	1,94	0,03	0,37
Glória	3,86	0,91	0,19	0,67
Macururé	2,34	18,92	0,76	4,49
Rodelas	0,12	2,76	0,00	0,16
Jaguarari*	1,12	8,84	0,16	1,77
Juazeiro*	2,85	12,81	0,82	4,03
Paulo Afonso*	1,96	6,29	0,43	1,22

Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

Os diferentes tipos de usos das terras, ora analisados, se distribuem por estabelecimentos onde a agricultura é praticada pelos próprios proprietários e membros da família — agricultura familiar — ou por trabalhadores contratados ou empresas — agricultura não familiar — Gráfico 3.52).



Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.52. Número e área dos estabelecimentos agropecuários em relação à agricultura familiar (percentuais) 2006

Neste gráfico, os dados percentuais para o ano de 2006 traduzem situações díspares:

1. A agricultura familiar predomina em área em:

- Glória (88,37% de 21.832 ha)
- Chorrochó (76,81% de 48.724 ha)
- Jaguarari (61,39% de 44.837 ha)
- Paulo Afonso (60,82 de 58.081 ha)
- Macururé (54,46% de 54.214 ha)
- Curaçá (53,81% de 139.093 ha)
- Abaré (51,74% de 32.125 ha)

Comportamento idêntico, porém, mais expressivo, se verifica para o número de estabelecimentos:

- Abaré (97,96% de 1467 unidades)
- Chorrochó (94,07% de 1231 unidades)
- Glória (94,03% de 1944 unidades)
- Paulo Afonso (93,42% de 2463 unidades)
- Jaguarari (92,20% de 1640 unidades)
- Macururé (90,13% de 1226 unidades)
- Curaçá (87,12% de 4077 unidades)

A relação entre área e número de estabelecimentos da agricultura familiar evidencia que, nestes municípios, as propriedades rurais são pequenas ou muito pequenas, visto o número de estabelecimentos ser muito superior à área, padrão este recorrente em várias regiões do semiárido.

2. A agricultura não familiar predomina em área em:

- Rodelas (73,44% de 17.897 ha)
- Juazeiro (66,68% de 168.865 ha)

Em número de estabelecimentos os percentuais caem acentuadamente:

- Rodelas (5,04% de 31 unidades)
- Juazeiro (16,08% de 751 unidades)

Neste caso, a relação entre área e número de estabelecimentos da agricultura não familiar aponta para propriedades rurais médias ou grandes. Outro aspecto interessante se refere à preponderância da agricultura não familiar em apenas dois municípios da região — Rodelas e Juazeiro — que têm cadeias produtivas agrícolas e sistemas de irrigação consolidados.

3.3.2.7 Os cultivos

A agricultura figura como importante atividade rural na região, sobretudo para a sustentabilidade das populações rurais nessas terras secas e de baixo aporte em recursos técnicos e operacionais. As Tabelas 3.22 a 3.30 trazem os principais produtos agrícolas, em dois períodos, 2013 e 2003, coletados na base de dados do IBGE, Produção Agrícola Municipal (PAM). Estes dados possibilitaram conhecer a agricultura regional e avaliar flutuações das safras, neste intervalo de dez anos, e apontar o cenário agrícola de cada município e analisar o conjunto dos principais cultivos no contexto regional.

Tabela 3.22. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Abaré, 2013 e 2003

Abaré	2013			2003		
Produtos	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)
Lavoura temporária						
Cebola	0	0	0	306	5227	1490
Tomate	0	0	0	50	1490	611
Amendoim (em casca)	0	0	0	161	516	330
Melancia	0	0	0	48	1068	299
Feijão (grão)	0	0	0	421	199	186
Mandioca	30	240	91	20	288	82
Melão	0	0	0	11	228	57
Milho	0	0	0	11	18	7
Total	**	240	91	**	9034	3062
Lavoura permanente						
Banana (cacho)	70	1085	564	558	9067	4171
Manga	20	310	146	281	4730	1608
Coco-da-baia*	0	0	0	66	556	142
Goiaba	0	0	0	98	1406	450
Mamão	0	0	0	26	642	282
Total	**	1395	710	**	16401	6653

Fonte: IBGE- Produção Agrícola Municipal, PAM.

*Quantidade produzida em mil frutos.

**As áreas colhidas são utilizadas simultaneamente ou em rotação, o que não permite a operação soma, devido incorrer em repetição de valores.

Tabela 3.23. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Chorrochó, 2013 e 2003

Chorrochó	2013			2003		
Produtos	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)
Lavoura temporária						
Cebola	0	0	0	40	720	198
Feijão (em grão)	0	0	0	300	180	155
Melão	0	0	0	10	220	59
Total	**	0	0	**	1120	412
Lavoura permanente						
Manga	0	0	0	20	560	196
Banana (cacho)	0	0	0	5	100	46
Coco-da-baia*	0	0	0	10	38	10
Total	**	0	0	**	698	252

Fonte: IBGE- Produção Agrícola Municipal, PAM.

*Quantidade produzida em mil frutos.

**As áreas colhidas são utilizadas simultaneamente ou em rotação, o que não permite a operação soma, devido incorrer em repetição de valores.

Tabela 3.24. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Curaçá, 2013 e 2003

Curaçá	2013			2003		
Produtos	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)

Lavoura temporária						
Melão	270	5994	3417	490	8820	2899
Melancia	300	6600	2178	260	7800	1287
Cebola	115	1725	1984	300	4500	2871
Feijão (em grão)	153	245	729	854	1039	1548
Mandioca	37	592	213	200	2800	1120
Milho	135	230	133	28	15	7
Tomate	5	125	119	80	2400	1461
Amendoim (em casca)	48	134	107	333	1061	679
Total	**	15645	8880	**	28435	11872
Lavoura permanente						
Banana (cacho)	1181	27163	20311	529	6297	2267
Manga	400	10000	4750	1390	31103	15284
Uva	25	625	1563	500	12500	18853
Goiaba	56	1456	1310	101	1669	350
Mamão	72	1800	990	32	1009	444
Maracujá	45	900	945	36	424	220
Coco-da-baía*	70	1260	567	367	9033	1126
Limão	5	55	30	3	75	14
Total	**	43259	30466	**	62110	38558

Fonte: IBGE- Produção Agrícola Municipal, PAM.

*Quantidade produzida em mil frutos.

**As áreas colhidas são utilizadas simultaneamente ou em rotação, o que não permite a operação soma, devido incorrer em repetição de valores.

Tabela 3.25. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Glória. 2013 - 2003

Glória	2013			2003		
Produtos	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)
Lavoura temporária						
Melancia	280	6160	2341	200	4705	1388
Mandioca	200	2400	840	150	1560	452
Cebola	0	0	0	80	1440	403
Tomate	0	0	0	23	840	353
Melão	0	0	0	30	660	172
Feijão (em grão)	50	26	23	87	87	70
Milho	0	0	0	24	24	9
Amendoim (em casca)	0	0	0	16	21	7
Total	**	8586	3204	**	9337	2854
Lavoura permanente						
Banana (cacho)	140	3500	2450	70	1555	731
Manga	20	500	330	35	1050	368
Coco-da-baía*	40	486	177	102	715	197
Goiaba	7	98	90	16	273	87
Mamão	4	60	34	0	0	0
Maracujá	2	43	28	47	1140	445
Total	**	4687	3109	**	4733	1828

Fonte: IBGE- Produção Agrícola Municipal, PAM.

*Quantidade produzida em mil frutos.

**As áreas colhidas são utilizadas simultaneamente ou em rotação, o que não permite a operação soma, devido incorrer em repetição de valores.

Tabela 3.26. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Macururé. 2013 - 2003

Produtos	2013			2003		
	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)
Lavoura temporária						
Feijão (em grão)	0	0	0	200	60	51
Total	0	0	0	-	60	51

Fonte: IBGE- Produção Agrícola Municipal, PAM.

Tabela 3.27. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Rodelas. 2013 - 2003

Produtos	2013			2003		
	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)
Lavoura temporária						
Cebola	-	-	-	80	2400	648
Tomate	-	-	-	37	1457	583
Melancia	-	-	-	70	1987	576
Amendoim (em casca)	-	-	-	155	258	284
Feijão (em grão)	-	-	-	149	115	140
Melão	-	-	-	20	440	123
Mandioca	-	-	-	10	150	44
Milho	-	-	-	8	9	5
Total	**	2013	2013	**	6816	2403
Lavoura permanente						
Coco-da-baía*	1200	72000	32400	397	5544	1441
Goiaba	2	30	20	31	534	166
Mamão	3	120	73	19	395	205
Manga	37	777	311	11	56	27
Total	**	72927	32804	**	6529	1839

Fonte: IBGE- Produção Agrícola Municipal, PAM.

*Quantidade produzida em mil frutos.

**As áreas colhidas são utilizadas simultaneamente ou em rotação, o que não permite a operação soma, devido incorrer em repetição de valores.

Tabela 3.28. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Jaguarari. 2013 - 2003

Produtos	2013			2003		
	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)
Lavoura temporária						
Mandioca	60	720	324	1490	17880	8046
Feijão (em grão)	683	148	484	2100	1076	1237
Milho	402	71	30	690	421	210
Batata doce	5	37	22	4	40	24
Melancia	11	125	56	0	0	0
Total	**	1101	916	**	19417	9517
Lavoura permanente						
Banana (cacho)	3	51	45	12	216	162
Manga	5	60	24	5	75	52
Total	**	111	69	**	291	214

Fonte: IBGE- Produção Agrícola Municipal, PAM.

*Quantidade produzida em mil frutos.

**As áreas colhidas são utilizadas simultaneamente ou em rotação, o que não permite a operação soma, devido incorrer em repetição de valores.

Tabela 3.29. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Juazeiro. 2013 - 2003

Juazeiro	2013			2003		
Produtos	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)
Lavoura temporária						
Cana de açúcar	14696	1352032	81122	15253	1365476	46426
Cebola	980	18620	15320	340	5540	3535
Feijão (em grão)	130	208	624	404	530	790
Mandioca	13	204	78	420	5040	2117
Melancia	555	13875	4371	450	11250	1856
Melão	573	15471	8200	195	3017	1343
Milho	20	30	18	28	17	8
Tomate	80	2000	2888	32	1024	625
Total	**	1402440	112621	**	1391894	56700
Lavoura permanente						
Banana (cacho)	177	4425	3159	1800	45000	16200
Coco-da-baía*	1626	37398	16736	272	7024	871
Goiaba	120	1560	1404	250	6250	2625
Limão	181	2896	2143	200	6000	1140
Mamão	54	1404	772	45	1350	709
Manga	8086	210236	99862	6000	108000	52920
Maracujá	835	15030	15782	90	1265	620
Uva	1270	27940	70199	2100	52500	84525
Total	**	300889	210057	**	227389	159610

Fonte: IBGE-Produção Agrícola Municipal, PAM.

*Quantidade produzida em mil frutos.

**As áreas colhidas são utilizadas simultaneamente ou em rotação, o que não permite a operação soma, devido incorrer em repetição de valores.

Tabela 3.30. Área colhida, quantidade produzida e valor da produção das lavouras temporária e permanente - Paulo Afonso. 2013 - 2003

Paulo Afonso	2013			2003		
Produtos	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (mil reais)
Lavoura temporária						
Tomate	-	-	-	10	280	123
Mandioca	-	-	-	200	1500	450
Milho	100	54	24	-	-	-
Melão	5	57	23	-	-	-
Feijão (em grão)	65	25	23	-	-	-
Total	**	136	70	**	1780	1780
Lavoura permanente						
Banana (cacho)	25	250	131	80	1600	800
Goiaba	10	130	87	10	148	49
Manga	12	168	71	10	150	58
Uva	8	168	297	5	110	108
Coco-da-baía*	13	550	193	60	348	97

Total	**	1266	779	**	2356	1112
--------------	-----------	-------------	------------	-----------	-------------	-------------

Fonte: IBGE- Produção Agrícola Municipal, PAM.

*Quantidade produzida em mil frutos.

**As áreas colhidas são utilizadas simultaneamente ou em rotação, o que não permite a operação soma, devido incorrer em repetição de valores.

As atividades rurais são muito importantes para as populações que habitam os sertões semiáridos; mesmo sob condição bastante adversa os plantios acontecem e a produção, quando excedente, movimenta o comércio de subsistência que dinamiza povoados e pequenas vilas. As secas afetam de modo contundente estas relações mercantis e há que se criar estratégias para melhor conviver e superar tais períodos de escassez, o que vem sendo feito desde sempre, em que pese a inevitabilidade das migrações em períodos de escassez extrema.

Os dados apresentados nas Tabelas 3.22 a 3.30, refletem as consequências decorrentes dos sucessivos e, sobretudo, do atual ciclo de secas, iniciado em 2012, que atinge o semiárido nordestino, principalmente na sua área nuclear, onde também está inserida a RPGA-MC. Tais condições afetaram as atividades produtivas rurais, destruindo e reduzindo drasticamente os cultivos da lavoura temporária na maioria dos municípios. Exceção faz-se para aqueles que detêm sistemas de irrigação e não dependem, desta forma, da regularidade das chuvas. Juazeiro, por exemplo, ampliou a produção de cebola, melão e tomate; reduziu a de feijão e a mandioca foi praticamente eliminada. A cana de açúcar, o milho e a melancia tiveram produções em 2013 e 2003 muito semelhantes.

Os produtos mais cultivados na região são cebola, melancia e melão, e, em Juazeiro, é altamente significativa a produção de cana de açúcar. Jaguarari reduziu em muito suas lavouras de feijão, mandioca e milho, e Paulo Afonso, que tem sua economia baseada na geração de energia hidroelétrica, comparativamente demonstrou baixo desenvolvimento agrícola e pouco se ressentiu com as estiagens.

Os municípios mais atingidos pelas secas foram Abaré, Chorrochó, Macururé e Rodelas, inseridos na RPGA-MC, cuja atividade foi totalmente inviabilizada, o que fez com que em 2013 os dados fossem zerados. A dependência da ocorrência de chuvas torna-os totalmente vulneráveis, pois os reservatórios para armazenamento de água — aguadas, tanques, caxios, caldeirões, cacimbas e cisternas — não suportam longos períodos de seca. A irrigação, por sua vez, ainda incipiente, não atende às demandas locais. Curaçá, provido de sistemas de irrigação, sofreu perdas de menor escala e aumentou as lavouras de melancia e melão; Glória passou por situação semelhante em relação a estes cultivos, porém declinou acentuadamente nos demais produtos.

A dinâmica temporal dos dados evidencia a fragilidade das atividades rurais, que para alcançarem boa produção e retorno financeiro, há que contar com uma estação chuvosa regular e abundante e secas menos intensas. Esta equação meteorológica depende dos sistemas atmosféricos continental e regional, complexos e de ciclicidade irregular. Desta forma, as áreas mais pobres e menos dinâmicas, são gravemente atingidas, como se verifica na maior parte da RPGA-MC; apenas Curaçá apresenta uma situação um pouco mais positiva.

É importante ressaltar que os cultivos de feijão, milho e mandioca, apesar de pouco expressivos e fortemente dependentes das chuvas, são a base da alimentação rural e vitais para a permanência das populações no campo. A flutuabilidade na produção devida ao

comportamento sazonal das chuvas colocam a zona rural em condição de pobreza e insegurança alimentar, podendo forçar migrações, em situações mais agudas.

Os municípios localizados na borda desta região — Jaguarari, Juazeiro e Paulo Afonso — de economia muito mais dinâmica e, de certo modo, pouco dependente da agricultura de sequeiro, apresentam cenários mais otimistas. O agronegócio desenvolvido nos perímetros irrigados ao longo do rio São Francisco, as usinas hidroelétricas e a mineração dão maior sustentabilidade econômica e social às suas populações.

Em relação à lavoura permanente, o cenário não se diferencia muito e a fruticultura domina, sobretudo a irrigada de manga, banana, coco-da-baía e uva, em Juazeiro e Curaçá. Rodelas é o único município, dentre os inseridos na RPGA-MC, que se destaca dos demais pela grande produção de coco-da-baía; Glória, devido à irrigação, é um pouco mais dinâmico. Abaré e Chorrochó apresentam uma situação bastante desfavorável.

3.3.2.8 Os rebanhos

Esta é a região da Bahia onde os rebanhos de ovinos e caprinos dominam sobre os demais. São animais mais resistentes e melhor adaptados às condições severas do clima, em especial aridez e insolação, que os torna mais competitivos frente aos bovinos. Os pastos naturais da caatinga garantem sua sobrevivência, mesmo nas secas mais prolongadas, preservando-os por todo semiárido. Os bovinos compartilham essa história, porém somam rebanhos muito menores, uma vez que exigem uma dieta com maiores volumes de água e alimentos.

As populações da zona rural dos municípios inseridos na RPGA-MC se dedicam, sobretudo, à criação de ovinos e caprinos (Tabela 3.31) — mais de 92% do rebanho. Destacam-se Juazeiro, Curaçá e Macururé, que somados chegam a 487.912 cabeças, ou 50,19% de todos os caprinos e ovinos da região.

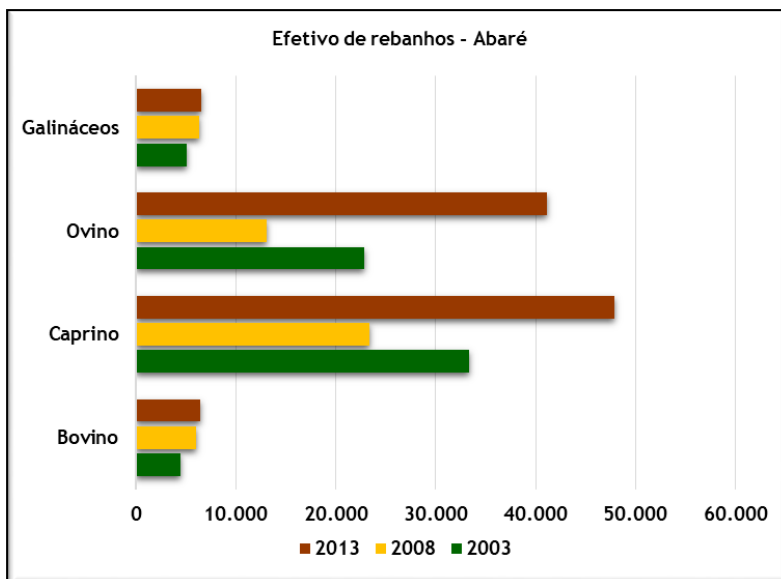
Os bovinos formam um rebanho muito pouco representativo da pecuária local — apenas 7,11% — concentrado, sobretudo, em Paulo Afonso e Jaguarari. Mas, ressalva-se, com efetivo menor do que os de caprinos e ovinos.

Tabela 3.31. Efetivo dos principais rebanhos na RPGA-MC. 2013

	Caprino	Ovino	Bovino	Total 1
Juazeiro	132.500	160.396	11.289	304.185
Curaçá	100.496	94.520	8.021	203.037
Macururé	74.980	42.886	3.747	121.613
Chorrochó	52.068	41.473	4.685	98.226
Abaré	47.901	41.117	6.455	95.473
Paulo Afonso	33.657	33.868	19.656	87.181
Jaguarari	28.718	20.867	14.309	63.894
Glória	26.462	17.351	5.123	48.936
Rodelas	13.690	9.251	1.179	24.120
Total parcial	510.472	461.729	74.464	1.046.665
% em relação ao Total 1	48,77	44,12	7,11	100
Total 2	92,89		7,11	100
Total 3	972.201 (caprino + ovino)		148.942,22	2.093.530

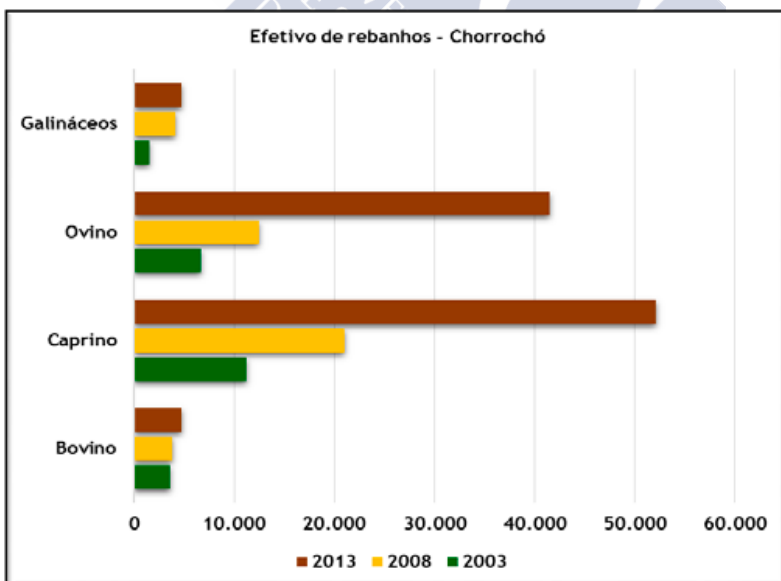
Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

Para avaliar a situação da pecuária na região utilizou-se dados da Produção Pecuária Municipal - PPM (IBGE) dos anos de 2013, 2008 e 2003 (Gráficos 3.53 a 3.61), que serão analisados a seguir.



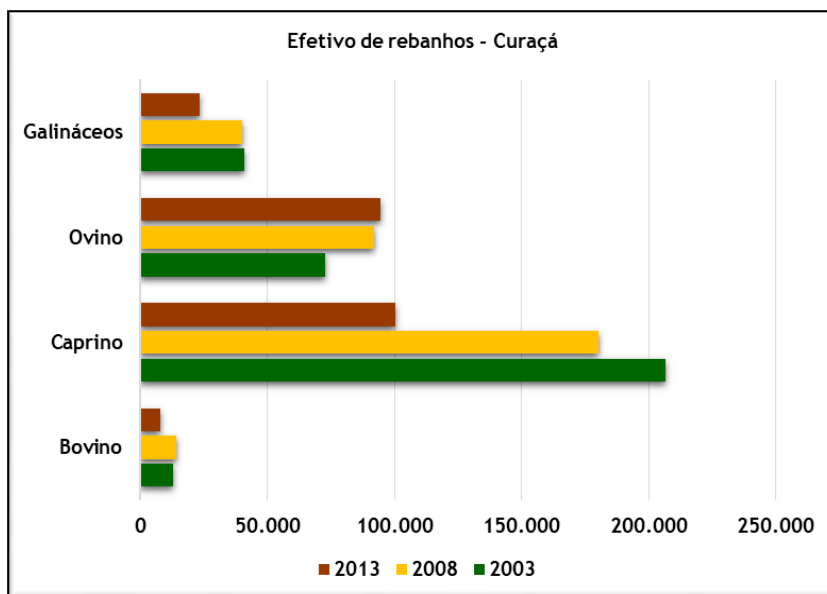
Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

Gráfico 3.53. Efetivo de rebanhos - Abaré



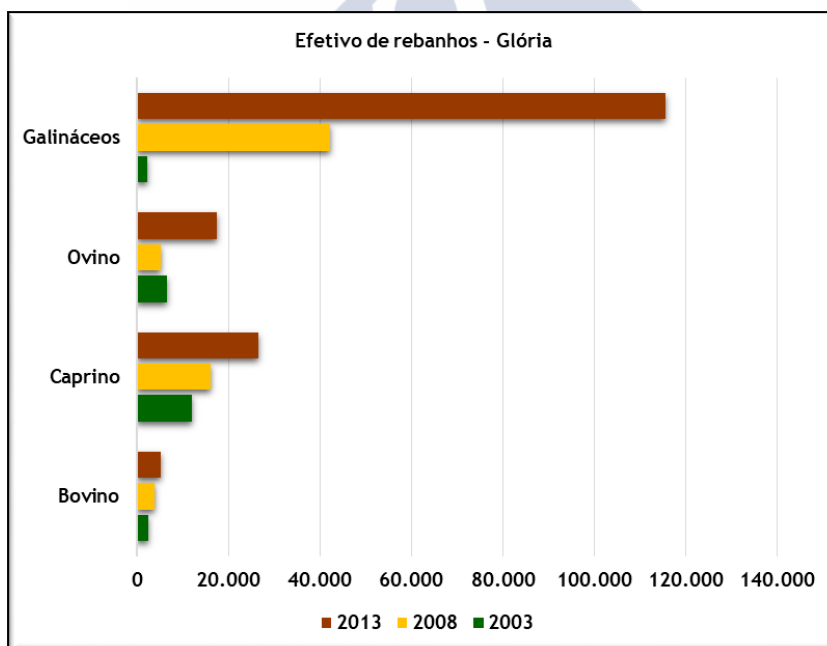
Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

Gráfico 3.54. Efetivo de rebanhos - Chorrochó



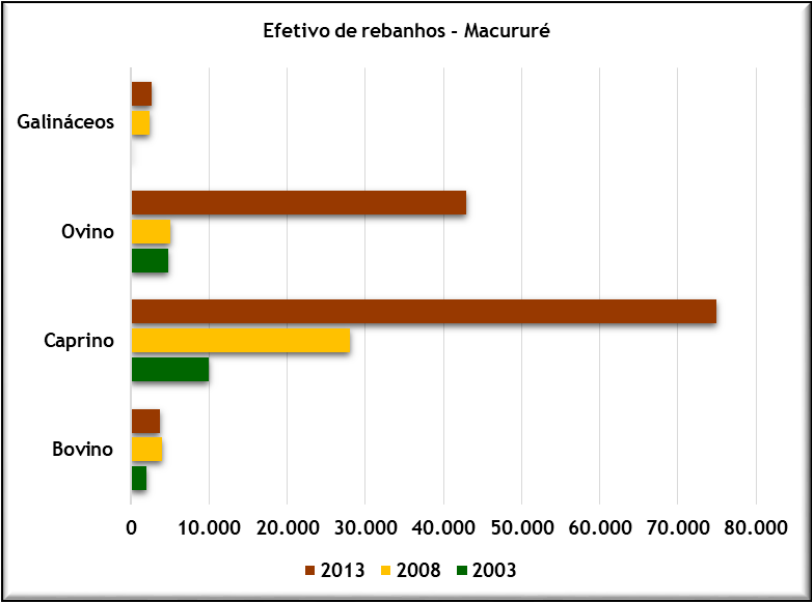
Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

Gráfico 3.55. Efetivo de rebanhos - Curaçá



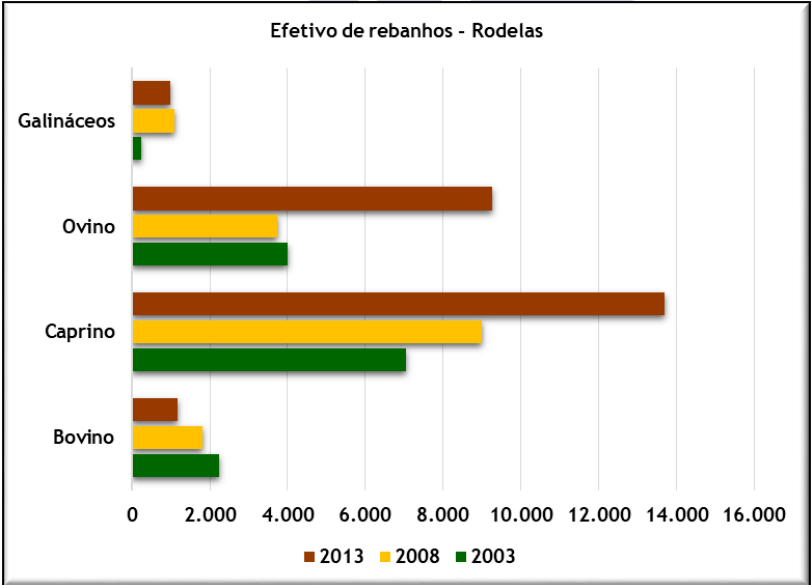
Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

Gráfico 3.56. Efetivo de rebanhos - Glória



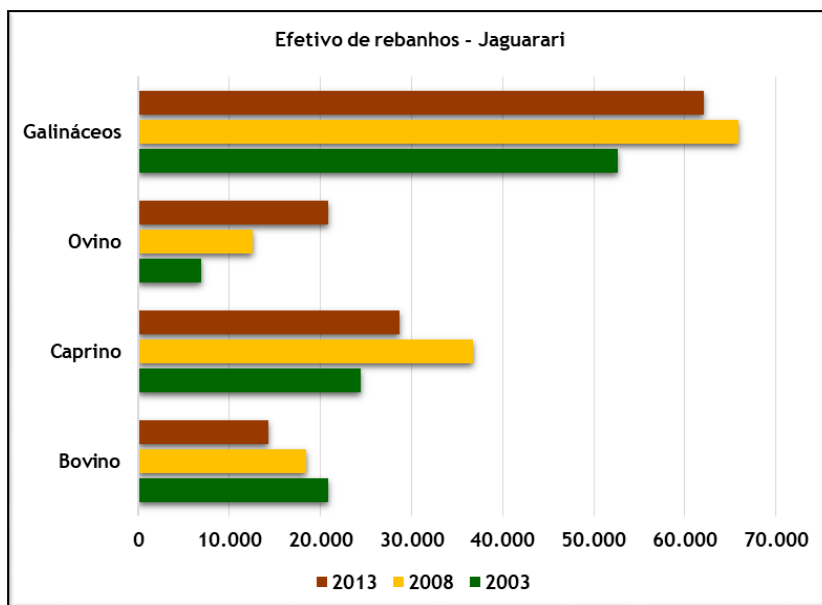
Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

Gráfico 3.57. Efetivo de rebanhos - Macururé



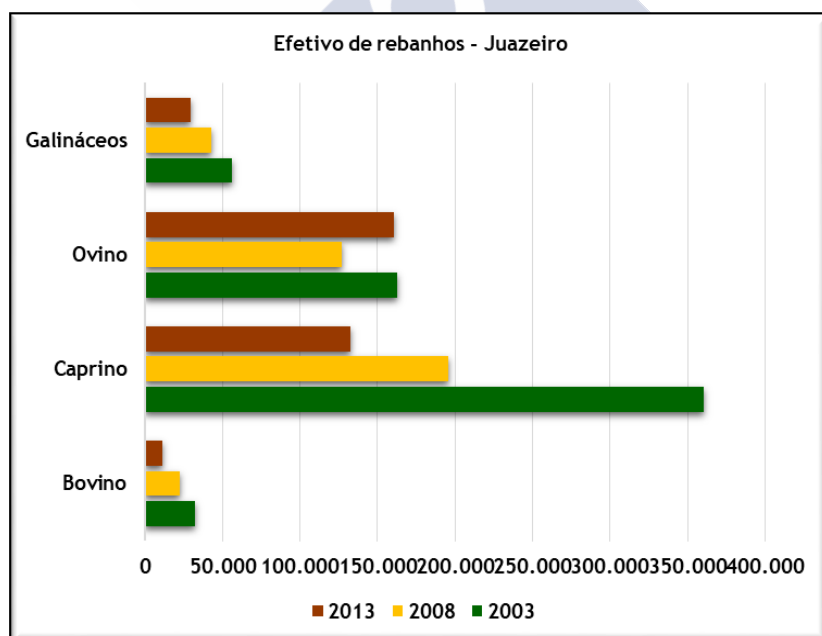
Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

Gráfico 3.58. Efetivo de rebanhos - Rodelas



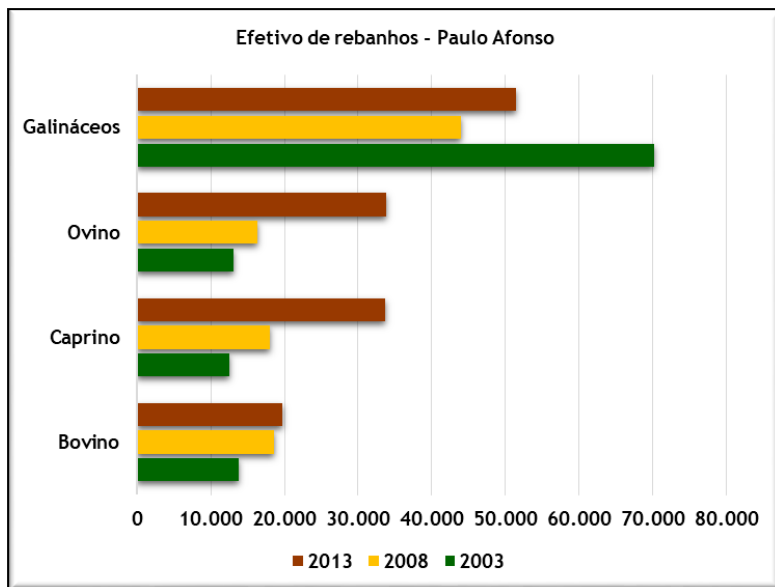
Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

Gráfico 3.59. Efetivo de rebanhos - Jaguarari



Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

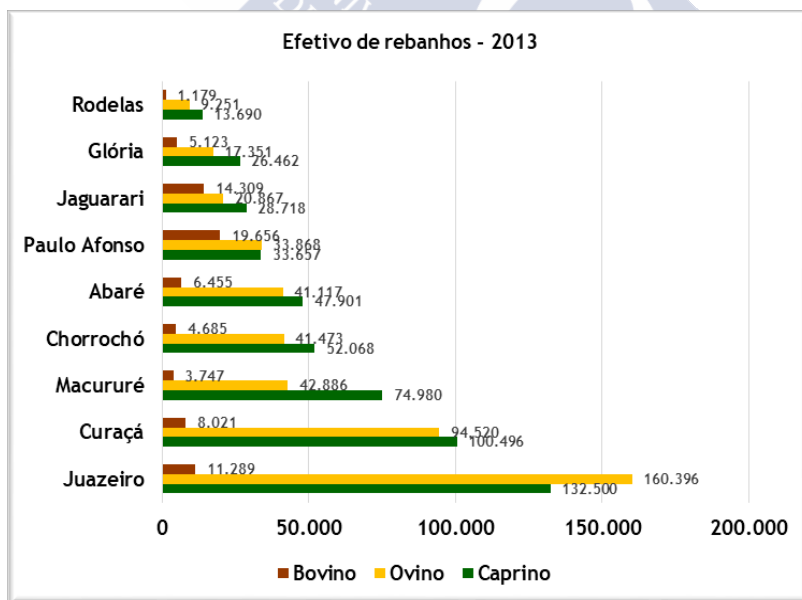
Gráfico 3.60. Efetivo de rebanhos - Juazeiro



Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

Gráfico 3.61. Efetivo de rebanhos - Paulo Afonso

O Gráfico 3.62 permite comparar a importância relativa dos principais rebanhos da região, tomando por base dados do ano de 2013.



Fonte: IBGE-Produção Pecuária Municipal

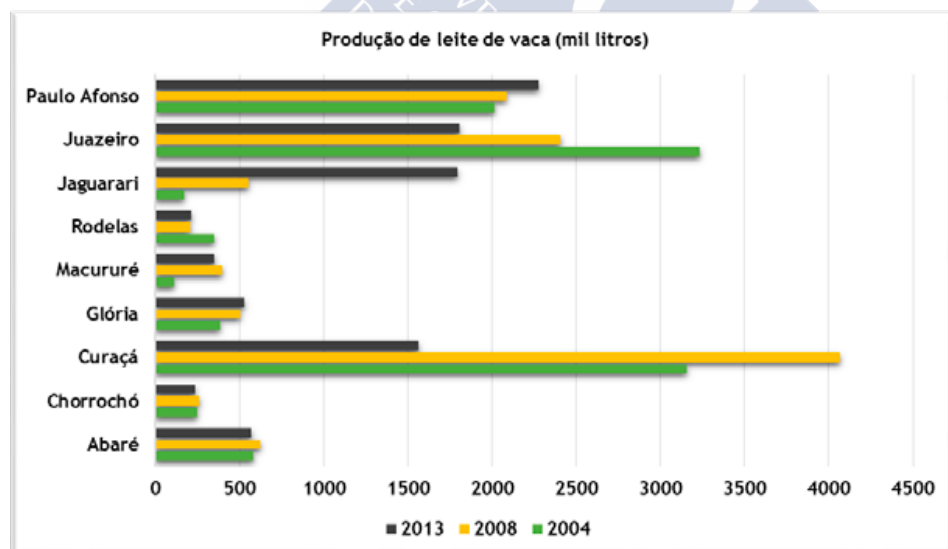
Gráfico 3.62. Efetivo de rebanhos - 2013

Os rebanhos de Juazeiro destacam-se de todos os demais, com um efetivo de mais de 160.000 cabeças de ovinos e mais de 130.000 de caprinos. O segundo maior produtor é Curaçá, em torno de 100.000 cabeças, para ambos os rebanhos.

No *ranking*, Macururé aparece na terceira posição; Chorrochó e Abaré na quarta. Nos demais municípios o quantitativo é muito pouco expressivo, sobretudo em Rodelas.

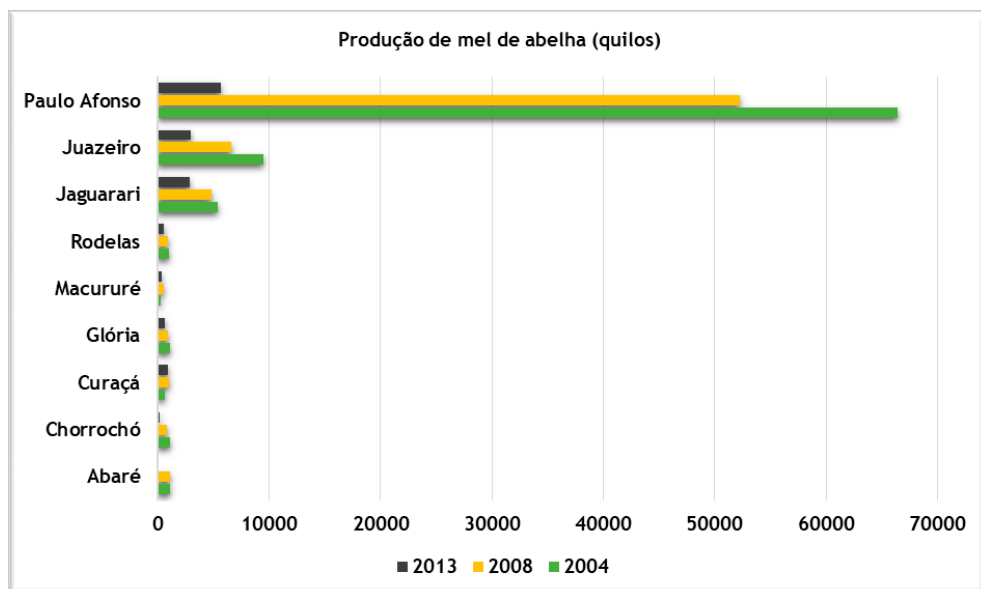
A pecuária se reveste de importância regional também por possibilitar a produção de derivados que agregam valor aos rebanhos e a retroalimentam positivamente, disponibilizando ao mercado, principalmente, leite de vaca, leite de cabra, mel e ovos de galinha (Gráficos 3.63 a 3.66). Os principais produtores de leite de vaca são Curaçá, Juazeiro, Paulo Afonso e Jaguarari; os demais apresentam uma produção muito inferior, visto o número reduzido dos rebanhos bovinos.

Na produção de mel, Paulo Afonso foi o maior produtor, porém em 2013 sofreu uma forte redução, de 52.210 em 2008 para 5.643 em 2013, talvez devido à menor floração no período de seca e/ou maior extensão dos desmatamentos. Jaguarari e Juazeiro são também destacados, mas com produção inferior a 10.000 quilos. Abaré, Chorrochó, Glória e Macururé — inseridos na RPGA-MC — assumem importância na produção de mel, apesar de não apresentarem valores elevados, inferiores a 1.000 quilos. As abelhas requerem condições florísticas adequadas para bem produzirem, dentre as quais diversidade em espécies e floração regular. Ao produzir, entende-se que tais fatores são encontrados na região, o que vem a se tornar um parâmetro bastante favorável para avaliar a situação ambiental. Ovos de galinha só são expressivos em Glória, maior produtor regional, seguido, mas em valores muito inferiores, por Jaguarari, Juazeiro e Paulo Afonso. Os demais municípios têm uma produção de mínima relevância.



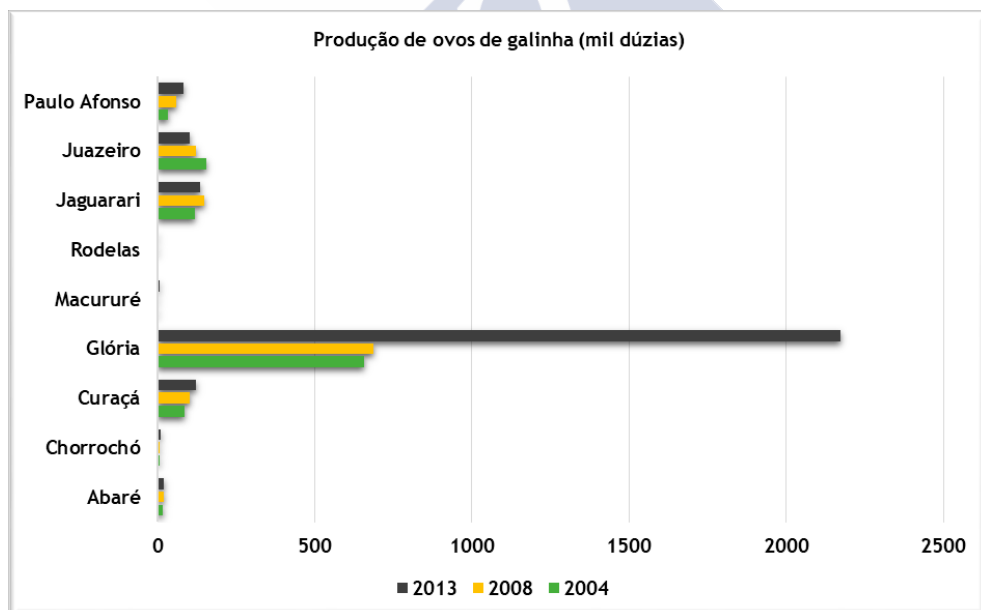
Fonte: IBGE-PPM.

Gráfico 3.63. Produção de leite de vaca (mil litros)



Fonte: IBGE-PPM.

Gráfico 3.64. Produção de mel de abelha (quilos)

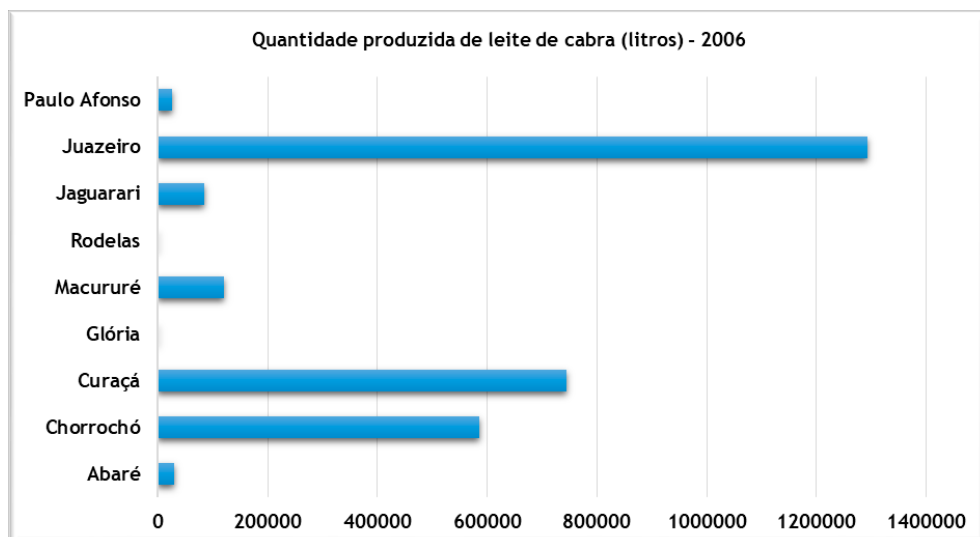


Fonte: IBGE-PPM.

Gráfico 3.65. Produção de ovos de galinha (mil dúzias)

O maior produtor de leite de cabra da região é Juazeiro (Gráfico 3.66), detentor do maior rebanho caprino regional, que produziu em 2006 1.293.789 litros de leite. Curaçá vem em

seguida, com 744.879, e Chorrochó com 586.155 litros. Os outros municípios tiveram uma produção muito menor — inferior a 100.000 —, dentre os quais se sobressaem Macururé e Jaguarari. Glória e Rodelas não apresentaram nenhum registro nesse ano.



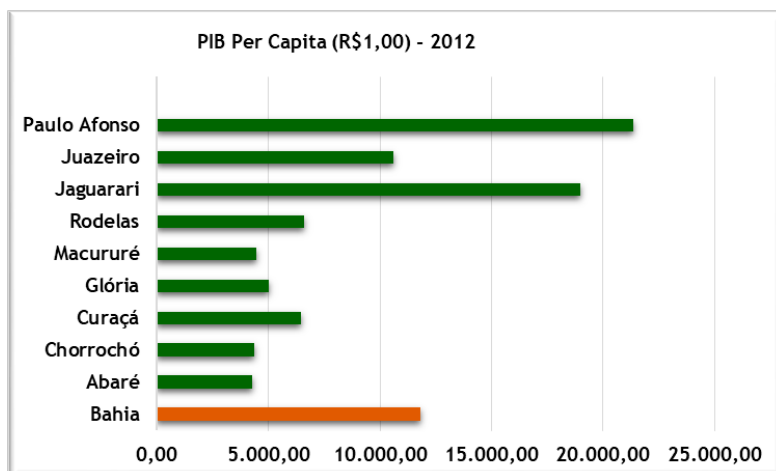
Fonte: IBGE - Censo Agropecuário 2006

Gráfico 3.66. Quantidade produzida de leite de cabra (litros) - 2006

3.3.3 O perfil socioeconômico regional

Este capítulo delineou até aqui os principais aspectos demográficos e socioeducacionais das populações que habitam a região de águas Macururé-Curaçá, bem como as bases produtivas locais, enquanto setores-chave da economia regional, relacionadas à agricultura e à pecuária, e apresentou as formas de ocupação e destinação das terras rurais. São estas as atividades geradoras de recursos que dinamizam as cidades, vilas e povoados, e que fomentam outros setores — principalmente os de serviços e comércio. Jaguarari apresenta um diferencial econômico importante, pois, para além destas atividades, possui um setor mineral ativo. Paulo Afonso e Juazeiro também se diferenciam devido à geração de energia hidroelétrica e agricultura irrigada, na perspectiva do agronegócio.

Como reafirmado em diversos momentos no decorrer desta tese, a região onde está localizada a RPGA-MC é uma das mais pobres do estado baiano, o que gera consequências graves em todos os âmbitos — sociais, econômicos, institucionais e ambientais. Para trazer maior clareza à essa questão foram buscados os dados do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* e da Extrema Pobreza, disponíveis no sítio da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI e Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome - MDS (Gráfico 3.67 e Tabela 3.32).



Fonte: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI. 2006

Gráfico 3.67. Produto Interno Bruto Per Capita (R\$1,00) - 2012

Apesar de ser um dado que não indica a real distribuição da riqueza, o PIB *per capita* contribui para avaliar o volume de recursos financeiros gerado e movimentado nos municípios da região. Os maiores valores para o ano de 2012 foi registrado em Paulo Afonso e Jaguarari, em torno de R\$20.000,00 *per capita*; Juazeiro atingiu um pouco acima de R\$10.000,00. Todos os restantes estiveram em torno de R\$5.000,00, o que, em termos comparativos, assemelha-se à grande parte da região semiárida baiana. São valores muito baixos, cerca de R\$420,00 *per capita* por mês, inferior ao salário mínimo, que em 2012 era de R\$622,00. Os reflexos dessa conjuntura se fazem sentir na incapacidade de a população acessar bens materiais, moradia, educação, saúde, cultura e lazer, ou seja, melhor qualidade de vida.

Os dados sobre Extrema Pobreza (Tabela 3.32), considerada para situações onde a renda domiciliar *per capita* é menor do que R\$70,00 por mês, indicam condições muito desfavoráveis para a região. Mais de 61.000 pessoas encontravam-se nessa condição em 2010 e o percentual de população atingida, em relação ao universo, foi de 20 a 29% na maioria dos municípios; apenas Juazeiro e Paulo Afonso encontravam-se numa situação menos crítica — em torno de 10%. A maior parte desse contingente está domiciliada na zona rural, exceto em Rodelas, Juazeiro e Paulo Afonso, onde a população urbana afetada é maior. Apesar de a sede municipal de Juazeiro e Paulo Afonso ser mais urbanizada, este dado aponta para a baixa capacidade destes municípios em proporcionar condições de igualdade social para todos, inclusive na área urbana. Em relação a Rodelas o cenário é muito crítico — 83,4% da população em extrema pobreza encontrava-se na zona urbana —, o que revela uma situação de grande exclusão social e possivelmente migração do meio rural para o urbano.

Tabela 3.32. População em situação de extrema pobreza - 2010

	População em extrema pobreza	% em relação à população total	% rural	% urbano	% pop em EP entre 6 e 14 anos	% pop em EP entre 18 e 39 anos
Abaré	4939	28,9	64,9	35,1	27,6	35,7
Chorrochó	3216	29,1	87,2	12,8	32,1	32,9
Curaçá	7835	24,4	70,6	29,4	25,5	33,2
Glória	3683	24,4	97,8	2,2	22,5	36,5

Macururé	2097	26,0	75,5	24,5	24,3	35,0
Rodelas	1629	21,0	16,6	83,4	24,3	35,6
Jaguarari	7177	23,7	74,5	25,5	25,8	34,0
Juazeiro	18875	09,5	38,2	61,8	24,3	34,0
Paulo Afonso	12058	11,1	39,5	60,5	23,4	34,1
Total	61509	-	-	-	-	-

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome- MDS

Dentre a população em extrema pobreza, 32 a 37% é formada por pessoas entre 18 e 39 anos de idade, uma faixa etária que deveria ser de máxima produtividade. Entretanto, tal condição social exclui, ou, na melhor das hipóteses, reduz drasticamente, as possibilidades em vir a adquiri-los plenamente. Como agravante tem-se que a imensa maioria dessa população é negra e, entre 21 a 34%, é analfabeta (Tabela 3.33). Esta realidade social é profundamente grave e se desdobra em uma série de questões de risco, que a tornam altamente complexa e que pode resultar em desagregação familiar, exclusão social, violência e criminalidade, colocando estas pessoas à margem da sociedade.

Tabela 3.33. População em situação de extrema pobreza por cor e escolaridade - 2010

	% da população em extrema pobreza autodeclaradas		Pessoas com mais de 15 anos em extrema pobreza autodeclaradas analfabetas
	Negros	Brancos	
Abaré	85,1	9,6	33,2
Chorrochó	79,9	18,1	23,8
Curaçá	81,0	15,9	31,6
Gloria	57,5	30,2	33,3
Macururé	76,7	16,9	30,4
Rodelas	69,4	18,0	29,8
Jaguarari	76,0	21,1	21,3
Juazeiro	79,7	19,0	24,0
Paulo Afonso	75,6	22,4	29,5

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome- MDS

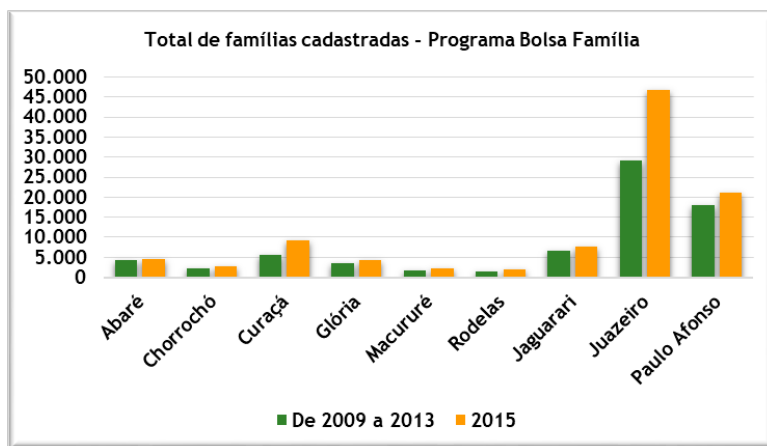
Tentativas para minimizar a gravidade desta conjuntura social foram ensejadas, e a mais recente e importante é o Programa Bolsa Família, criado pelo governo federal em outubro de 2003. Atualmente, atende a quase 14 milhões de famílias em todo o Brasil e se caracteriza por ser “um programa de transferência direta de renda, com condicionalidades, que beneficia famílias em situação de pobreza (com renda mensal por pessoa de R\$ 70,00 a R\$ 140,00) e extrema pobreza (com renda mensal por pessoa de até R\$ 70,00)”, conforme a Lei nº 10.836, de 09.01.2004, e Decreto nº 5.209, de 17.09.2004. Hoje as famílias são selecionadas a partir dos critérios:

[...] famílias com renda mensal por pessoa de até R\$77,00, mesmo que não tenham gestantes, crianças ou adolescentes na família; e famílias com renda familiar mensal por pessoa entre R\$77,01 e R\$154,00 e que tenham gestantes, crianças ou adolescentes em sua composição. A prioridade na seleção de beneficiárias é dada a partir das informações de renda mensal por pessoa e pela quantidade de crianças e jovens com idade de 0 a 17 anos na família. (Brasil. MDS, 2015).

É um programa que, a despeito das controvérsias geradas por não alcançar as origens da pobreza e da miséria, tem garantido, mesmo de forma precária, condições mínimas para a sobrevivência de parte significativa da população brasileira — aproximadamente 27% da população, no ano de 2015. É uma importante fonte de recursos para muitos que, por causas

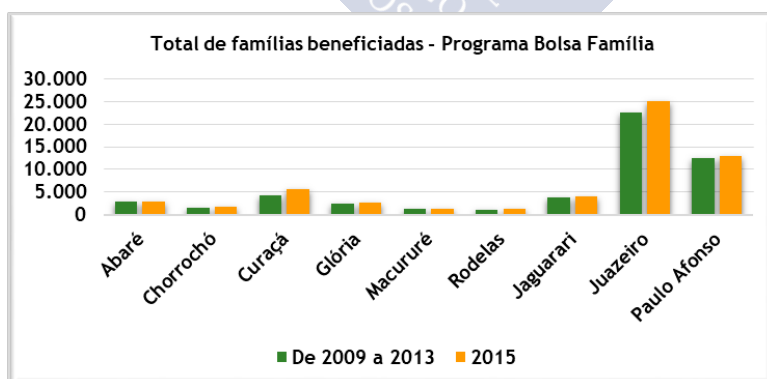
diversas e complexas, não se encontram plenamente engajados nos circuitos da economia e estão ou poderão estar em situação de extrema pobreza. Ressalta-se que ao contemplado é exigida a permanência dos filhos, entre 6 e 17 anos, na escola, retirando-os da rua e do analfabetismo, um dos desdobramentos mais significativos deste Programa.

Para efeito estatístico o Programa considera cada família composta por quatro pessoas, um valor médio, visto que podem existir famílias mais numerosas. Deste modo, chama-se a atenção para os Gráficos 3.68 e 3.69, onde os valores apresentados se referem a *famílias* e, deste modo, para uma estimativa do universo da população atingida há que se quadruplicar este valor, conforme indicado no Gráfico 3.70. Ressalta-se que existe uma certa proporcionalidade entre o número de famílias cadastradas-beneficiadas e a população total do município.



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome- MDS

Gráfico 3.68. Total de famílias cadastradas - Programa Bolsa Família



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome- MDS

Gráfico 3.69. Total de famílias beneficiadas - Programa Bolsa Família

Na região em estudo, para o período considerado — 2009, 2013 e 2015 —, o número de famílias cadastradas é sempre superior ao de beneficiadas, ou seja, uma parcela das famílias demandantes não é atendida. Por consequência, permanecem totalmente à margem da sociedade, excluídas, e retroalimentam o circuito de fome e miséria.

Juazeiro e Paulo Afonso, municípios de maior número de habitantes, têm também o maior número de famílias cadastradas e beneficiadas:

- Cadastradas:

Juazeiro – entre 30.000 e 45.000

Paulo Afonso – entre 15.000 e 20.000

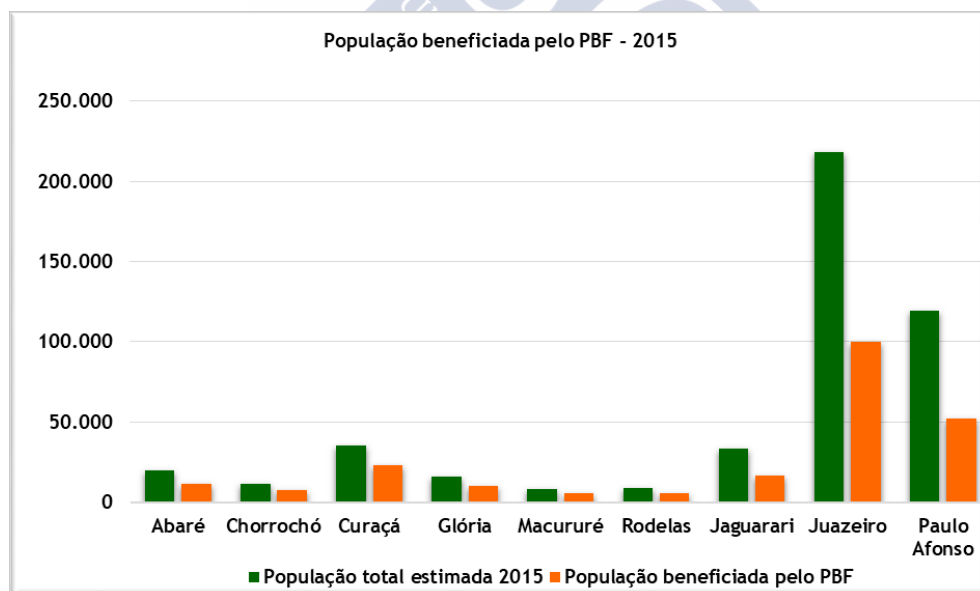
- Beneficiadas:

Juazeiro – entre 20.000 e 25.000

Paulo Afonso – entre 10.000 e 15.000

Contrariamente, os cadastros e benefícios de Abaré, Chorrochó, Glória, Macururé e Rodelas são inferiores a 5.000. Jaguarari e Curaçá cadastraram entre 5.000 e 10.000 famílias e beneficiaram menos de 5.000. A demanda pelo Programa de 2009/2013 para 2015 cresceu de forma muito acentuada em Curaçá e Juazeiro — 65,12% e 60,03%, respectivamente —, em que pese o perfil econômico mais dinâmico destes municípios.

As estimativas do quantitativo da população beneficiada pelo Programa, considerando o tamanho médio de cada família em quatro pessoas (Gráfico 3.70), atestam sua extrema importância para a região ao contemplar mais de 50% da população, em todos os municípios. Este dado é muito superior à média brasileira, que foi de cerca de 27% no ano de 2015.



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome- MDS e IBGE

*Valor obtido pelo produto do Número de Famílias x por 4 (tamanho médio por família)

Gráfico 3.70. População beneficiada - Programa Bolsa Família - 2015

Os dados do Programa trazem, em detalhe para o ano de 2010, a distribuição do benefício por grupos (Tabelas 3.34 e 3.35). Dentre estes, o grupo formado por agricultores familiares é o mais representativo, sobretudo em Chorrochó, Curaçá, Glória e Jaguarari, e indígenas em Curaçá, Glória e Rodelas.

Tabela 3.34. Total de famílias cadastradas por grupos especiais - Programa Bolsa Família, 2010

	Quilombolas	Indígenas	Agricultores familiares	Pescadores artesanais	Assentados por reforma agrária	Total
Abaré	22	13	12	0	0	47
Chorrochó	0	2	2131	143	12	2288
Curaçá	166	285	1910	75	21	2457
Glória	0	497	1309	65	65	1936
Jaguarari	0	0	2565	0	2	2567
Juazeiro	0	0	574	0	2	576
Macururé	1	0	115	3	0	119
Paulo Afonso	0	20	52	7	0	79
Rodelas	1	236	243	26	0	506
Total	190	1053	8911	319	102	10575

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome- MDS

Tabela 3.35. Total de famílias beneficiadas por grupos especiais - Programa Bolsa Família, 2010

	Quilombolas	Indígenas	Agricultores familiares	Pescadores artesanais	Assentados por reforma agrária	Total
Abaré	19	6	9	0	0	34
Chorrochó	0	2	1727	133	11	1873
Curaçá	130	236	1540	62	18	1986
Glória	0	401	1094	57	12	1564
Jaguarari	0	0	1647	0	1	1648
Juazeiro	0	0	388	0	0	388
Macururé	1	0	79	1	0	81
Paulo Afonso	0	15	45	7	0	67
Rodelas	1	219	182	18	0	420
Total	151	879	6711	278	42	8061

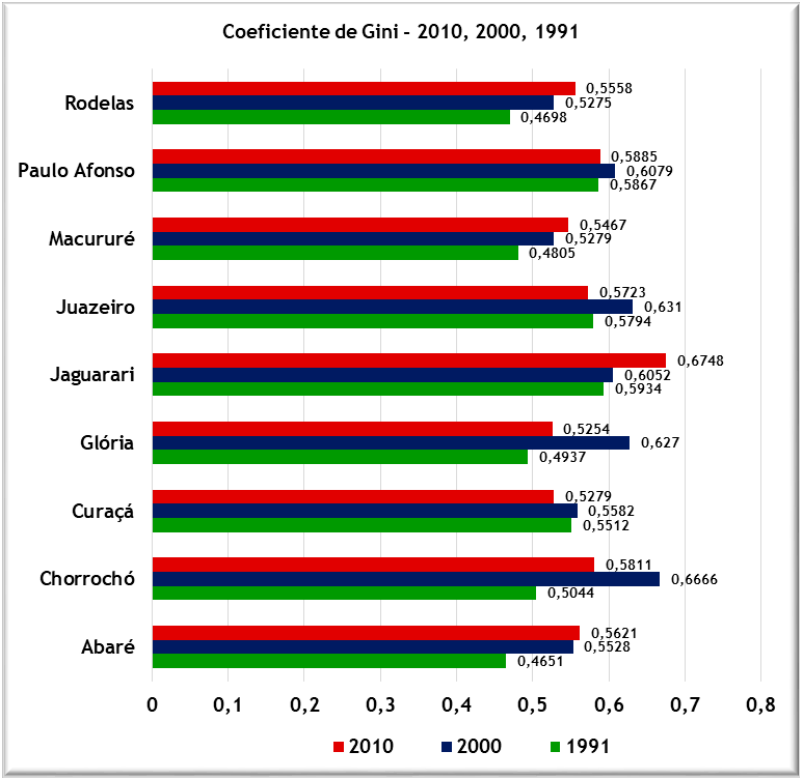
Fonte: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome- MDS

O Coeficiente de Gini¹³ (CG) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) agregam dados importantes para avaliar o cenário social ora delineado. O CG auxilia no entendimento sobre as características sociais da população na RPGA-MC, visto medir o grau de concentração da renda. Foram utilizados os dados de CG “renda dos responsáveis pelo domicílio”, em três períodos: 2010, 2000 e 1991, (Gráfico 3.71).

Os dados apontam CG para o período de 1991 a 2010, na região, entre 0,4651 e 0,6748, medianamente desigual. Dentre os municípios que se encontram totalmente inseridos na RPGA-MC, para o ano de 2010 o CG esteve entre 0,5254 e 0,5811: mediana desigualdade econômico-social. Três municípios apresentaram coeficientes ascendentes entre 1991, 2000 e 2010 — Abaré, Rodelas e Macururé —, que denota concentração da renda e consequente empobrecimento de uma parte da população. Três se destacam com uma situação mais positiva — Chorrochó, Curaçá e Glória —, visto que o coeficiente apresentou uma

¹³ O Coeficiente de Gini consiste em um número entre 0 e 1, onde 0 corresponde à completa igualdade (no caso do rendimento, por exemplo, toda a população recebe o mesmo salário) e 1 corresponde à completa desigualdade (onde uma pessoa recebe todo o rendimento e as demais nada recebem). O índice de Gini é o coeficiente expresso em pontos percentuais (é igual ao coeficiente multiplicado por 100).

significativa redução entre 2000 e 2010, o que pode ter tido um efeito positivo para o conjunto da população.



Fonte: Ministério da Saúde.
Disponível: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/giniba.def>

Gráfico 3.71. Coeficiente de Gini da renda dos responsáveis pelo domicílio - 2010, 2000, 1991

Em 2013 o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) publicou, em detalhe, o Índice de Desenvolvimento Humano¹⁴ Municipal do Brasil¹⁵ (Tabela 3.36), dados referentes a 2010, cujos valores corroboram a situação desfavorável da região nordeste da Bahia frente aos demais municípios brasileiros.

Tabela 3.36. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2010

Município	IDHM (média)	Situação	IDHM (longevidade)	IDHM (renda)	IDHM (educação)	Posição no Brasil
Juazeiro*	0,677	Médio	0,796	0,657	0,594	2503
Paulo Afonso*	0,674		0,789	0,678	0,572	2573
Jaguarari*	0,659		0,806	0,644	0,551	2924
Rodelas	0,632		0,790	0,566	0,564	3448
Macururé	0,604		0,748	0,547	0,539	4055

¹⁴ O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um dado utilizado pela ONU para avaliar a qualidade de vida de uma determinada população. Os critérios utilizados para calcular o IDH são escolaridade, renda e saúde. O IDH varia de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total).

¹⁵ O Brasil contava em 2015 com 5570 municípios.

Chorrochó	0,600	Baixo	0,779	0,562	0,503	4144
Glória	0,593		0,775	0,563	0,479	4309
Curaçá	0,581		0,778	0,544	0,463	4614
Abaré	0,575		0,776	0,533	0,460	4742

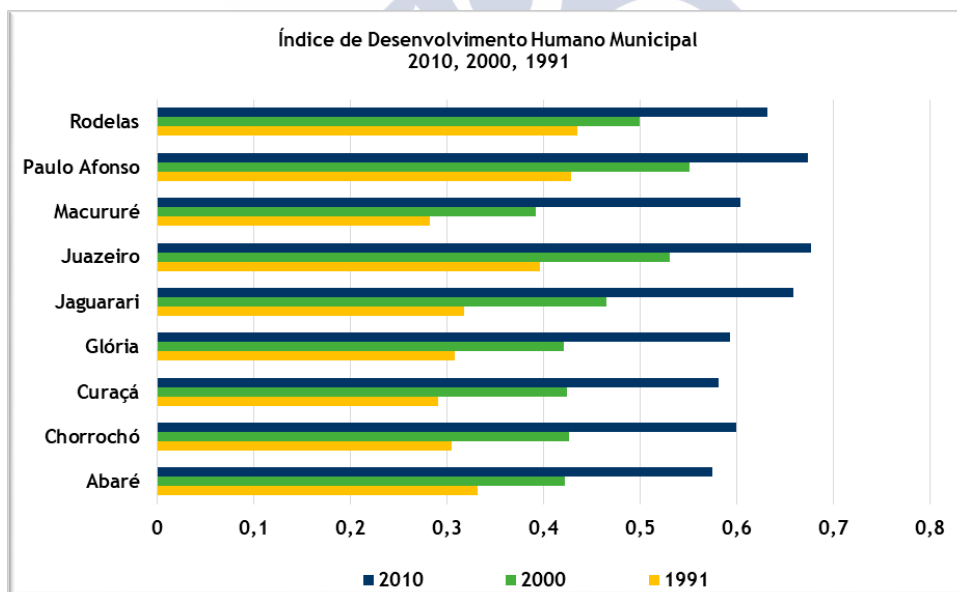
Fonte: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2013.

Disponível: <http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH-Globlal-2013.aspx?>

*Municípios parcialmente inseridos na RPGA-MC

Os municípios da região apresentaram IDHM entre médio (0,6) e baixo (0,5). O que agrava essa situação são os valores baixos e muito baixos apresentados pelo IDHM *renda* e, sobretudo, *educação* (Tabela 3.36), parâmetros extremamente importantes quando se trata de qualidade de vida e bem-estar social. De fato, a variável que puxou o IDHM dos municípios para cima foi *longevidade*, que pouco diz sobre a natureza social e econômica desses indivíduos. Uma população idosa não é necessariamente uma população que teve/tem garantidas suas necessidades sociais e econômicas.

Na análise temporal do IDHM (Gráfico 3.72), se observa uma situação bastante favorável, que indica para todos os municípios um crescimento muito positivo nos valores deste índice, relacionado, provavelmente, aos programas de transferência de renda. Revelam um salto qualitativo importante, porém, acredita-se que, ao longo dos trinta anos da série, não ocorreram transformações nas estruturas econômicas e sociais regionais capazes de elevar a qualidade de vida das populações, visto que, conforme avaliado, o que colocou o IDHM dos municípios numa situação *mediana* foi o critério *longevidade*. Conforme afirmado, esta é uma variável que deixa muitas lacunas para uma interpretação mais próxima da realidade socioeconômica regional.



Fonte: IBGE/Cidades. Disponível:

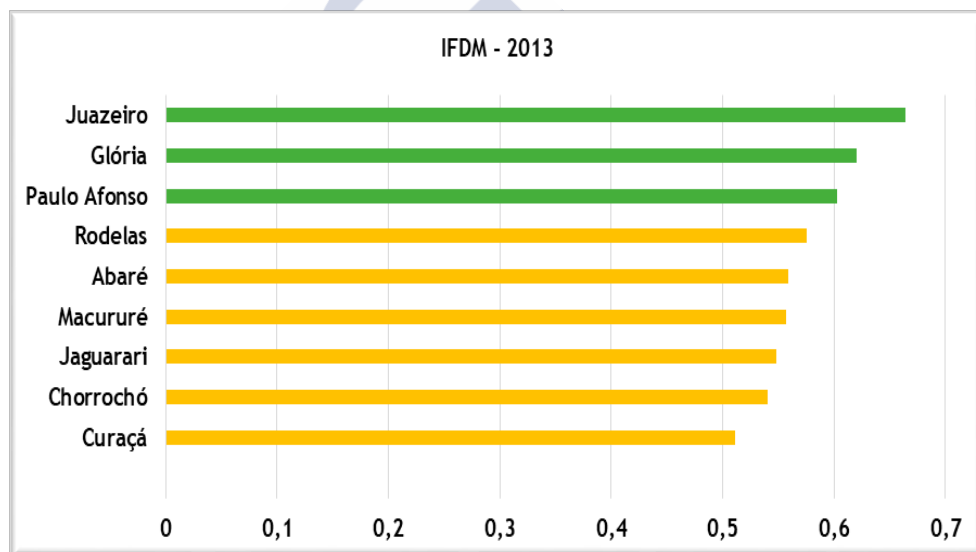
<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?codmun=291080&idtema=118&search=bahia%7Cfeira-de-santana%7C%C3%8Dndice-de-desarrollo-humano-municipal-idhm-&lang=>

Gráfico 3.72. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM - 2010, 2000, 1991

A partir de 2008 a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) criou e passou a publicar o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM¹⁶). Trata-se de um índice que sintetiza os indicadores de educação, saúde, emprego e renda, com base em estatísticas públicas oficiais disponibilizadas pelos ministérios do Trabalho, Educação e Saúde. Foram pré-fixados intervalos de classe cujos valores indicam a situação de desenvolvimento:

- > 0,8 alto desenvolvimento
- 0,6 – 0,8 moderado desenvolvimento
- 0,4 – 0,6 regular desenvolvimento
- < 0,4 baixo desenvolvimento

O IFDM, assim como o IDH, tende a otimizar o cenário municipal, por incorporar indicadores que projetam um melhor nível de desenvolvimento no futuro, mas que ainda não se traduziram em melhoria significativa do nível de desenvolvimento humano no presente. A fim de aprofundar a análise da situação socioeconômica da RPGA-MC foram avaliados os dados do IFDM nos anos de 2013, 2012, 2010, 2008 e 2006 (Gráficos 3.73 3.77).

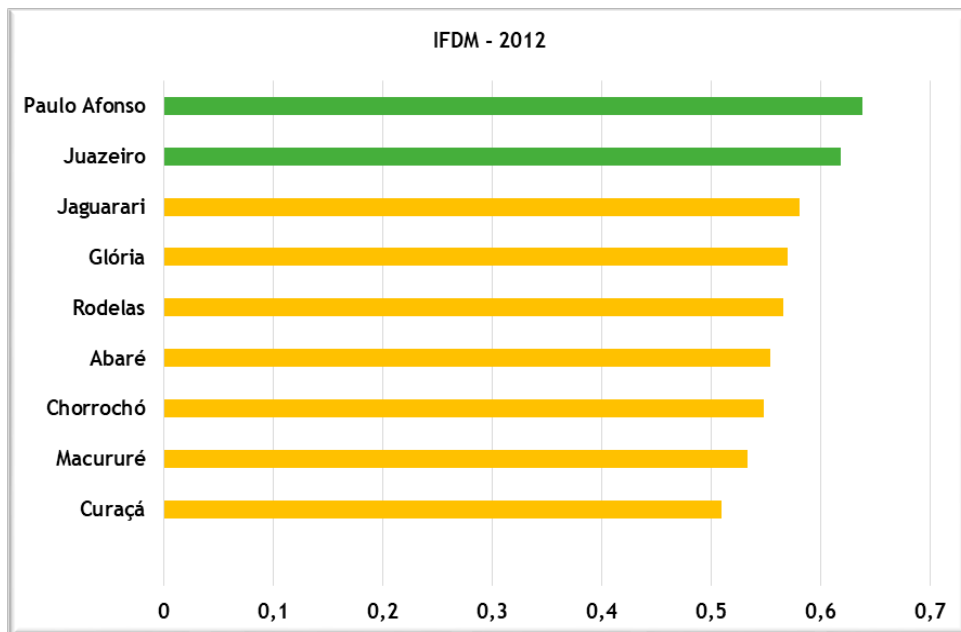


Fonte: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN

Disponível: <http://www.firjan.com.br/ifdm/downloads/>

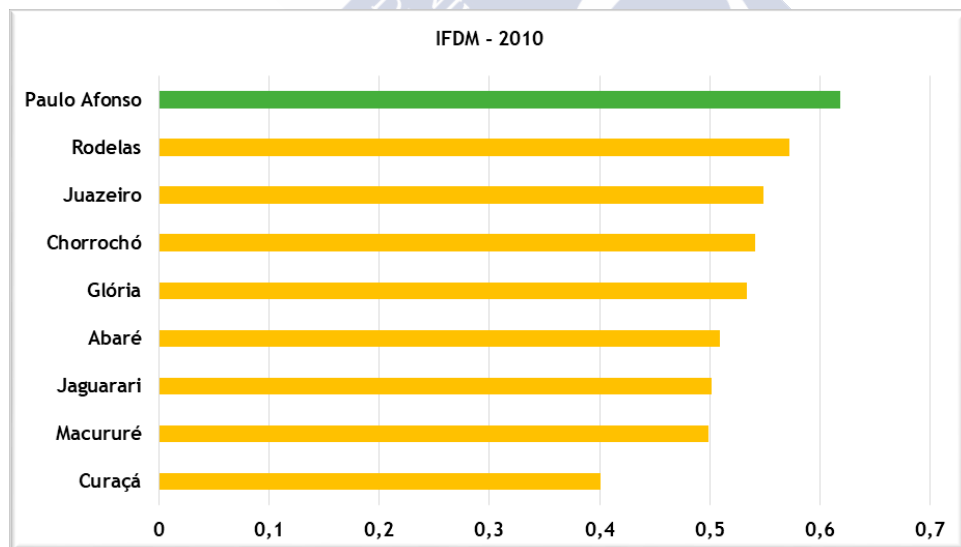
Gráfico 3.73. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - 2013

¹⁶ O IFDM varia entre 0 (nenhum desenvolvimento) e 1 (desenvolvimento total).



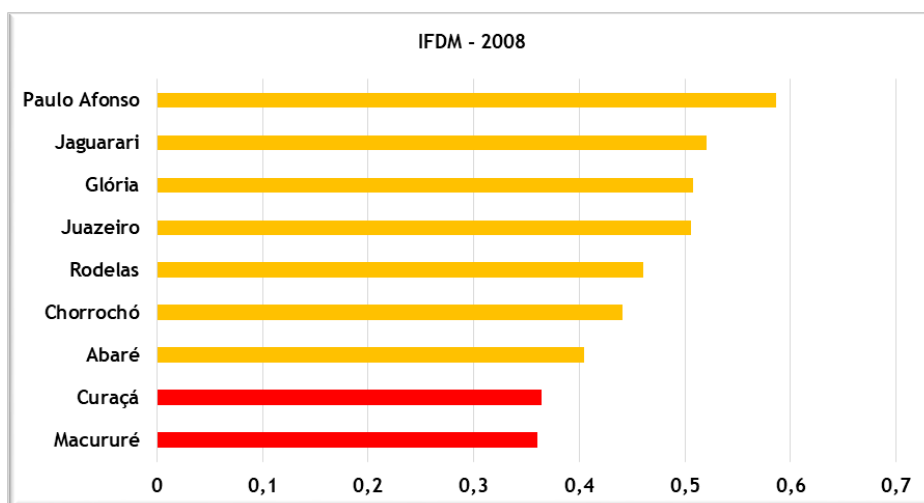
Fonte: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN
Disponível: <http://www.firjan.com.br/ifdm/downloads/>

Gráfico 3.74. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - 2012



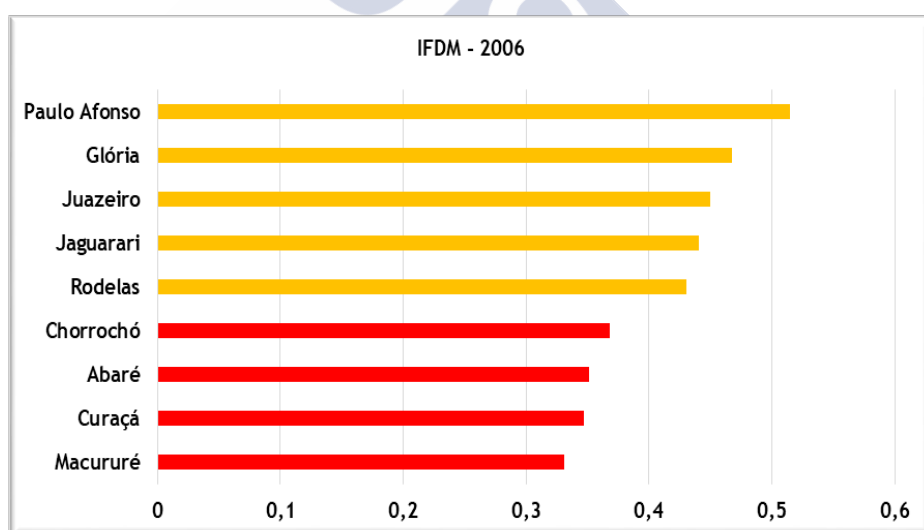
Fonte: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN
Disponível: <http://www.firjan.com.br/ifdm/downloads/>

Gráfico 3.75. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - 2010



Fonte: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN
Disponível: <http://www.firjan.com.br/ifdm/downloads/>

Gráfico 3.76. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - 2008



Fonte: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN
Disponível: <http://www.firjan.com.br/ifdm/downloads/>

Gráfico 3.77. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - 2006

Os dados levantados demonstram uma situação desfavorável relativa ao desenvolvimento na região, e ressalta-se que os indicadores utilizados para a composição do IFDM — educação, saúde, emprego e renda — envolvem os principais fatores de medida da qualidade de vida de uma população. Nenhum município alcançou valores relevantes nessa série histórica, e aqueles classificados como de *moderado desenvolvimento* atingiram índices no

limite inferior do intervalo de classe. É o caso de Juazeiro, Glória e Paulo Afonso. Os demais apresentaram *baixo desenvolvimento*.

Os resultados são igualmente graves quando se verifica que somente a partir do ano de 2010, e em apenas um único município — Paulo Afonso —, registrou-se índices na classe entre 0,6 - 0,8, *moderado desenvolvimento*.

Considerando o *ranking* estadual do IFDM de 2013 (Tabela 3.37), Juazeiro (19º lugar), seguido por Glória (37º) e Paulo Afonso (47º), apresentaram uma posição muito significativa. Entretanto, à luz da classificação nacional, todos os municípios ocuparam uma posição irrelevante, que vem a corroborar o quanto a RPGA-MC encontra-se à margem dos padrões de desenvolvimento estadual e nacional. Tal constatação pode ser estendida, inclusive, para a Bahia, em que pese o tamanho e a diversidade socioeconômica deste estado.

Tabela 3.37. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - 2013

IFDM	Ranking Estadual*	Ranking Nacional**
Juazeiro	19º	2678º
Glória	37º	3456º
Paulo Afonso	47º	3720º
Rodelas	76º	4114º
Abaré	102º	4333º
Macururé	105º	4359º
Jaguarari	127º	4479º
Chorrochó	145º	4559º
Curaçá	196º	4852º
IFDM Brasil		
	0,7441	
Mediana dos municípios brasileiros	0,5031	
Máximo dos municípios brasileiros	0,7435	
Mínimo dos municípios brasileiros	0,3628	

Fonte: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN

*A Bahia é formada por 417 municípios.

**Existem no Brasil 5570 municípios.

Disponível: <http://www.firjan.com.br/ifdm/downloads/>

4 MÉTODOS, MATERIAIS E TÉCNICAS

4.1 A paisagem na análise ambiental

A expedição de cinco anos, iniciada em 1799, por toda a América espanhola, por Alexander von Humboldt deixou enorme legado à ciência e à Geografia. Dentre sua obra, *Geografia das Plantas*, de 1803, os *Quadros da Natureza* de 1808 (Humboldt, 1952) e o *Kosmos*, publicados em cinco volumes de 1845 a 1862, (Humboldt, 1848-1862) são as que mais expressam sua concepção geográfica de paisagem e de geoesfera (Vitte, 2008). Humboldt entrou em contato com uma enorme diversidade geográfica — oceano, florestas do Orenoco, estepes da Venezuela, montanhas desertas do Peru e do México — que provocou forte impacto sobre ele (Pedras, 2010). Suas anotações e relatos descrevem e comparam estas diferentes paisagens ao mesmo tempo em que lhes confere uma visão de conjunto — a paisagem humboldtiana é o todo sobre a superfície terrestre e reflexo das múltiplas interações entre suas partes. Esta perspectiva holística, enquanto método de investigação, tem suas raízes na forma como Humboldt descrevia e analisava as paisagens ao seu redor.

Desde então a paisagem passou a figurar, de modo mais efetivo, na análise geográfica do espaço por meio da compreensão de suas funções e configurações temporais e espaciais. Surge, deste modo, dentro da concepção positivista alemã como unidades espaciais que comportam os fatores geográficos, portanto, numa abordagem estática em que as dinâmicas não são reconhecidas enquanto gênese da forma (SCHIER, 2003). Em contraponto — ressalta o autor —, na perspectiva da geografia francesa são os processos formadores da paisagem que devem ser priorizados. Estas concepções partem de abordagens metodológicas antagônicas — a paisagem instantânea, atemporal e a paisagem dinâmica, evolutiva e multifacetada. Uma forjada sob forte abordagem *descritiva*, e a segunda sob a égide dos princípios da *evolução*, deste modo muito mais adequada quando se trata da análise dos fenômenos socioambientais.

Esta abordagem, baseada nos processos e dinâmicas — sistêmica —, tem também origens na ecologia e no conceito de ecossistema formulado pelo biólogo britânico Tansley, em 1935, cujos primórdios remontam ao “superorganismo” de Clements (1916) e à obra de Steven Forbes *O Lago como um Microcosmo*, de 1887 (Odum e Barrett, 2007). Em 1953, Eugene Odum redefiniu o ecossistema ou sistema ecológico como qualquer área da natureza que inclui organismos vivos e substâncias abióticas que interagem entre si e produzem a troca entre seus constituintes bióticos e abióticos. Portanto, pressupõe-se que existam mecanismos de interdependência e de autorregulação entre os mesmos. Tal premissa irá reaparecer na Teoria Geral dos Sistemas, descrita pelo ecólogo Ludwig von Bertalanffy, entre 1950 e 1953, e publicada em 1968, que provocou importante avanço paradigmático nas ciências, inclusive na Geografia. A partir disto a concepção geográfica do espaço passou a considerar a interdependência e interação entre todos os seus fatores e elementos formadores.

Nomes como os de Jean Tricart, Georges Bertrand, Paul Claval, Paul Vidal de La Blache, franceses; Carl Ritter, Friedrich Ratzel, Siegfried Passarge, Alfred Hettner, Carl Troll, alemães; Viktor Borisovich Sothava, russo; Carl Sauer e Richard Hartshorne, geógrafos americanos, se destacam na história do pensamento geográfico e na formulação de conceitos, modelos e teorias relacionadas à análise do espaço na perspectiva geográfica e, inclusive, da

paisagem. O termo *região* foi adotado nos anos 1960, em substituição ao de paisagem, influenciando e atraindo grande número de seguidores (Schier, 2003).

Maria de Bolos i Capdevila, geógrafa da Universidade de Barcelona, é um dos nomes relevantes do estudo da paisagem. A partir da década de 1970 leva para a geografia espanhola o conceito de geossistema, criado por Sothava, em 1963, e publicado no Brasil em 1977. Seus trabalhos refletem a influência exercida por Sothava e também por Georges Bertrand — a análise integrada da paisagem — enquanto método de investigação geográfica da paisagem. Em 1992 (Ortiz, 1996/1997), Bolos i Capdevila publicou, junto com os também geógrafos Maria del Tura Bovet Pla, Xavier Estruch García, Rosalina Pena I Vila, Jordi Ribas Vilas, Jordi Soler Insa, o *Manual de Ciencia del Paisaje: Teoría, métodos y aplicación*, uma de suas mais importantes produções. Para os autores a paisagem é a síntese de três elementos: i) o geossistema, ii) a escala espacial (a superfície terrestre), e iii) a escala temporal (processos evolutivos da formação da paisagem), validando, mais uma vez, o geossistema enquanto método geográfico capaz de responder aos inúmeros desafios de análise do espaço.

Georges Bertrand participou, em 1997, do VII Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, em Curitiba/Paraná/Brasil, e apresentou uma segunda proposta metodológica para o estudo da paisagem, designada Sistema GTP – Geossistema, Território e Paisagem. Em 2002 o autor, junto com Claude Bertrand, publicou o livro *Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades*, em que apresentam o GTP e seus subsistemas:

- El Geosistema como un concepto (noción y método) naturalista que trata el medio ambiente como fuente (source), y que permite analizar la estructura y el funcionamiento biofísico de un espacio geográfico tal como funciona actualmente, es decir, con su grado de antropización.
- El concepto de Territorio, que trata el espacio geográfico como recurso (ressource) y se basa sobre los procesos de artificialización (artificialisation) del medio ambiente. Este concepto permite analizar las repercusiones de la organización y de funcionamiento social y económico sobre el espacio considerado.
- Por último, el Paisaje como entrada socio-cultural en el sistema ambiental, que proviene de la conversión del medio ambiente en un recurso en el acto de la percepción o del uso directo (ressourcement) y se basa en el proceso de artialización¹⁷.

Na metodologia GTP o *geossistema* permite avaliar a estrutura e o funcionamento dos processos físicos e biológicos e suas interações e conexões com os níveis de antropização do espaço e, por sua vez, o *território* “permite analizar las repercusiones de la organización y del funcionamiento social y económico sobre el espacio considerado” (Frolova & Bertrand, 2006, p. 266).

Pérez-Alberti et al. (2014), ao tratar da classificação da paisagem na Galícia, revisa metodologias e menciona algumas das principais contribuições sobre o tema, como Ormaetchea (1997), que distingue duas linhas na análise da paisagem. A da percepção, que identifica a paisagem como uma *cena*, e uma segunda que compreende a paisagem como o resultado da integração de diversos fatores.

¹⁷ Artialisation - Neologismo propuesto por Alain Roger (1997), que significa la transformación, por medio de la referencia artística (pictórica), de un país vivido o visto en un paisaje contemplado y percibido. Claude y Georges Bertrand lo utilizan en el sentido más extenso y se refieren a todos los tipos de representaciones paisajísticas.

Da primeira linha os autores destacam Kates (1962), Burton & Kates (1964), Lowenthal & Prince (1972), Saarinen (1966, 1969, 1973), Gould (1967), Penning-Rowsell (1973) y, muy especialmente, Smardon, R.C. (1979). Una buena síntesis de los trabajos realizados se puede ver en Zube, Sell & Taylor, (1982), o en Rougerie & Beroutchachvili, (1991). Na segunda, Bertrand (1968), Bertrand & Dollfus (1973); Tricart & Kilian (1982) o Farina (1995).

Barrera-Lobaton, geógrafa da Universidad Nacional de Colômbia, desenvolveu uma proposta para análise da paisagem intitulada *Metodología de los Eventos Relacionales para el Análisis del Paisaje* (MERAP), onde o pesquisador e a forma como o mesmo observa a paisagem — ou seja, sua posição frente ao espaço observado — é fundamental para interpretar e analisar a paisagem:

[...] La aplicación de MERAP se inicia con el reconocimiento de una realidad ecológica y una realidad contextual en las que se producen ciertos eventos enmarcados dentro de dinámicas espacio-temporales multiescalares. Mientras que los eventos que caracterizan la realidad ecológica son eventos físico-bióticos, producto de las fuerzas de la naturaleza (p. ej., las inundaciones) o del uso y desuso de los recursos naturales (p. ej., la contaminación de aguas), los eventos que caracterizan la realidad contextual se analizan a partir de cuatro categorías: 1) eventos infraestructurales: medios de comunicación o transporte; 2) eventos económicos; 3) eventos estructurales: la identificación de las causas y consecuencias del ejercicio del poder, a través de la acción de «delimitar», y sus repercusiones en la dinámica y estructura de la población; y 4) eventos regulatórios: agencias e instituciones que, a través de políticas específicas de uso, manejo y planificación, regulan un área; representan la materialización de la regulación de los espacios y el conocimiento que direcciona esta regulación". (Barrera-Lobaton, 2013a, p.6).

José Manuel Mateo Rodrigues, da Universidade de Havana-Cuba, em parceria com os geógrafos Edson Silva e Agostinho Cavalcanti, ambos da Universidade Federal do Ceará-Brasil, têm aprofundado os estudos da aplicação do geossistema na interpretação das paisagens. Enfatizam que a paisagem deve ser analisada considerando-se: i) sua organização paisagística, classificação e taxonomia das estruturas paisagísticas; conhecimentos dos fatores que formam e transformam as paisagens, que inclui a utilização dos enfoques estrutural, funcional e histórico genético; ii) avaliação do potencial das paisagens e tipologia funcional, que inclui o cálculo do papel dos fatores antropogênicos através dos tipos de utilização da natureza, dos impactos geoecológicos das atividades humanas, das funções e cargas econômicas; e iii) análise de planificação e proteção das paisagens, que inclui a tecnologia de utilização das paisagens e a análise de alternativas tendo por base a prognose, organização estrutural-funcional direcionada à otimização das paisagens, perícia ecológico-geográfica e o monitoramento geossistêmico regional (Rodrigues et. al, 2013, 2002).

À luz das várias formulações e considerações sobre *paisagem* na literatura especializada, compreende-se que este é um conceito que se apresenta em todos os estudos da análise geográfica do espaço. Extremamente rico e complexo e, por isto mesmo, sempre em discussão, deve ser visto sob as óticas sincrônica e diacrônica, resultante do jogo dialético ao longo do tempo (Pérez Alberti, 2008). Diacrônico, por permitir conhecer a evolução temporal dos fenômenos inerentes às paisagens. Sincrônico, por possibilitar identificar as diferentes evoluções em curso nas paisagens adjacentes, contíguas. Desta forma, não se perde de vista, que, cada paisagem, evolui de forma distinta das demais e que, simultaneamente, todas

evoluem juntas. Além do mais, deve-se harmonizar conceitos e abrigar tanto a análise integrada da paisagem, quanto a perspectiva da percepção, ambos importantes para alcançar e compreender as realidades espaciais de cada paisagem e de um conjunto de paisagens.

Importa ressaltar que a bibliografia existente sobre o conceito de *paisagem* é ampla e diversa no que diz respeito aos termos adotados — ecossistemas, geossistemas, unidades de paisagem, unidades geoambientais, unidades territoriais básicas, unidades homogêneas, sistemas de paisagem — mas todos partem de um mesmo princípio, qual seja, a paisagem é a materialização espacial da evolução integrada entre o homem, suas atividades, e a natureza. A título de síntese, a Tabela 4.1, apresenta as contribuições dos autores mais referidos na literatura especializada sobre a *paisagem*.

Tabela 4.1. Contribuições conceituais a respeito da análise da paisagem

	Conceitos/Chave	Autor/ano
Ecossistema	Ecossistema ou sistema ecológico como qualquer área da natureza que inclui organismos vivos e substâncias abióticas que interagem entre si e produzem a troca entre as partes vivas e não vivas.	Odum, 1953/1976* Tansley, 1935
Sistema	Um conjunto de elementos em inter-relação entre si e com o ambiente... ou Um conjunto de partes interdependentes para a consecução de um ou mais objetivos.	Bertalanffy, 1968/1977*
	Conjunto de fenômenos que se desenvolvem a partir dos fluxos de matéria e energia, que tem origem a partir de uma interdependência, na qual surge uma nova entidade global, integral e dinâmica, permitindo assim uma atitude dialética, a necessidade de análise e de visão do todo, afim de se atuar sobre o meio ambiente.	Tricart, 1977
Geossistema	Reflete a combinação local e única de todos os fatores e de uma dinâmica comum da paisagem. Corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis e existe, na escala considerada, um contínuo ecológico no interior de um mesmo geossistema, enquanto que a passagem de um geossistema ao outro é marcada por uma descontinuidade de ordem ecológica. Por sua dinâmica interna não apresenta necessariamente uma grande homogeneidade fisionômica. Na maior parte do tempo, ele é formado de paisagens diferentes que representam os diversos estágios da evolução do geossistema. Estas paisagens bem circunscritas são ligadas umas às outras por meio de uma série dinâmica que tende, ao menos teoricamente, para um mesmo climax. Estas unidades fisionômicas se unem então em uma mesma família geográfica: os geofácies.	Sotchava, 1963/1977* Bertrand, 1968
Geossistema, Território, Paisagem GTP	Na visão de Rosalém e Archela (2010) pode ser compreendido pelas três vias interdependentes que trabalham cientificamente na construção do espaço geográfico, tendo como interesse epistemológico e metodológico a preocupação de preservar a complexidade e a diversidade do ambiente, na tentativa de auxiliar na superação da ruptura entre sociedade e natureza.	Bertrand e Bertrand, 2006, 2007; 1997
Paisagem	Porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que reagindo dialeticamente uns sobre os outros formam um conjunto único e indissociável.	Bertrand; 1968
	Unidades corográficas que correspondem às regiões naturais determinadas por elementos de caráter geomorfológico e geográficos associados formam um determinado agrupamento ou conjunto de unidade de terras.	Ross (2006, p. 35)
	Herança de processos fisoGráficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades.	Ab' Saber (2007, p. 9)
	El paisaje es el resultado de la interacción de los seres humanos con el espacio que habitan y con otros espacios; interacción que se esculpe continuamente sobre un espacio con unas características biofísicas particulares. Aunque el paisaje siempre está en proceso de transformación, ciertos eventos aceleran sus cambios y le imprimen	Barrera-Lobatón (2013a, p.6)

	huellas más profundas. El análisis biofísico del paisaje se apoya en métodos sistémicos, mientras que el contexto en el que se producen estos cambios requiere de análisis constructivistas.	
Unidades Homogêneas de Paisagem, ou Unidades Territoriais Básicas	São as células elementares de informação e análise para um zoneamento ecológico-econômico. Como em um ser vivo, cada célula contém um conjunto de informações fundamentais à manutenção e à reprodução da vida e compõe um tecido que desempenha determinadas funções em seu desenvolvimento. Uma unidade territorial básica é uma entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que a articulam à uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais.	Crepani et al. (2001, p. 12/13).
Unidades Geoecológicas das Paisagens	Por Unidades Geoecológicas ou Geoambientais entende-se a individualização, tipologia e unidades regionais e locais da paisagem. Constituem a base das propriedades espaço-temporais dos complexos territoriais que se reproduzem pela influência dos fatores naturais e antropogênicos.	Rodrigues et al. (2013, p.65/77)

*Ano de publicação no Brasil

4.1.1 Paisagem: um conceito colocado em prática

Em se tratando das necessidades práticas de zonear e planejar a ocupação do espaço, a adoção de métodos desenvolvidos na academia traz vantagens, mas também restrições. Transpor para o mundo concreto concepções e modelos acadêmicos requer cuidados e adequações. Silva & Santos (2004, p. 227) já ressaltavam que o planejamento das atividades produtivas no espaço — compreenda-se, na paisagem —, portanto de caráter ambiental e social, estão ancorados em uma complexa teia analítica e conceitual que deve “compatibilizar conceitos e escalas, integrar disciplinas, organizar procedimentos, selecionar o método integrador do conhecimento e obter critérios de avaliação”.

No intuito de definir critérios macros que atendessem a estes requisitos, para além dos muros da academia, foi instituída no Brasil a Política Nacional do Meio Ambiente — Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que objetiva “[...] a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana [...]”. Dentre os instrumentos para cumprir com este objetivo está o Zoneamento Ambiental (Art. 9º, inciso II, Lei nº 6.938/1981) regulamentado pelo Decreto Federal nº 4.297, de 10 de julho de 2002, que instituiu o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil — ZEE. Seus objetivos estão descritos no Art. 3º:

[...] tem por objetivo geral organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

Parágrafo único. O ZEE, na distribuição espacial das atividades econômicas, levará em conta a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e determinando, quando for o caso, inclusive a realocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais.

Por sua vez o Zoneamento Geoambiental, apesar de não estar previsto nos marcos legais, é amplamente desenvolvido nas instituições acadêmicas, e propõe o diagnóstico do meio

físico e do uso do solo, para subsidiar o ordenamento territorial. Consiste em compartimentar e classificar as unidades geoambientais obtidas por meio da integração, tendo em vista a capacidade de suporte e tolerância às intervenções humanas (Santos, 2004). Nesse processo de discussão e de regulamentação da Política Nacional do Meio Ambiente, Aziz Ab'Saber (1989) teceu considerações acerca da natureza complexa do ZEE para

[...] espaços geográficos da ordem de grandeza de grandes domínios morfoclimáticos e fitogeográficos, demanda uma reflexão orientada para o entendimento integrado do complexo natural da região, incluindo o conhecimento da natureza dos seus contrastes internos. Envolve uma metodologia ecodesenvolvimentista para as questões básicas de utilização dos espaços físicos e ecológicos, a par com uma metodologia pragmática e cuidadosa sobre a forma mais conveniente e dinamizadora para a utilização dos recursos eventuais do subsolo. (AB'SABER, 1989, p. 5).

Na década de 1990, os geógrafos Bertha Becker e Cláudio Egler desenvolveram métodos e análises para subsidiar as ações de planejamento territorial em curso àquela época pelo Ministério do Meio Ambiente, dentre os quais, o Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal (1996). Este foi um dos mais importantes roteiros metodológicos produzidos sobre zoneamento territorial no Brasil e serviu de guia para vários outros que o sucederam.

Neste mesmo ano, 1996, Crepani e outros propuseram um método para elaborar mapas de Vulnerabilidade Natural à Erosão, por meio do mapeamento de Unidades Homogêneas de Paisagem, ou Unidades Territoriais Básicas (UTB). Para tanto, realizaram a fotointerpretação de imagens Landsat, sobre a qual associaram as unidades homogêneas. Baseados na metodologia de Becker e Egler (1996) e Crepani e outros (2001) definiram formas para avaliar e mapear a vulnerabilidade natural à perda de solo, para o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia, método este, ancorado em sensoriamento remoto e geoprocessamento. Por sua vez, estes autores buscaram o conceito de Ecodinâmica desenvolvido por Tricart em 1977 para avaliar o balanço entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos. Foi a primeira vez em que houve, de fato, referência às unidades territoriais básicas enquanto espaços preferenciais para o planejamento e gestão do território. Segundo Becker e Egler (1996, apud Crepani et al., 2001)

[...] as unidades territoriais básicas são as células elementares de informação e análise para um zoneamento ecológico-econômico. Como em um ser vivo, cada célula contém um conjunto de informações fundamentais à manutenção e à reprodução da vida e compõe um tecido que desempenha determinadas funções em seu desenvolvimento. Uma unidade territorial básica é uma entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que a articulam à uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais. (Crepani et al., 2001, p. 12/13).

No estudo e mapeamento das UTB deve-se priorizar a análise do clima, geologia, geomorfologia, pedologia e fitogeografia, bem como identificar os polígonos de intervenção antrópica e estabelecer as interações existentes entre as unidades de paisagem natural e os referidos polígonos (Crepani et al., 2001). Esta condução nos estudos possibilitou discutir, de modo mais consistente, as múltiplas formas de apropriação do espaço, para planejar e gerir o território em bases sustentáveis.

4.1.2 Capacidade de Suporte na avaliação da paisagem

Um dos objetivos específicos projetados nesta tese diz respeito à avaliação dos níveis de Capacidade de Suporte CS das paisagens da RPGA-MC, por entender que a CS possui correlação estreita com os princípios metodológicos da análise das paisagens.

Sob várias perspectivas a CS decorre das múltiplas conexões entre os sistemas naturais e antrópicos, refletindo a natureza dos processos e dinâmicas temporo-espaciais que os permeiam, bem como sua capacidade em se autorregular e se autorrecuperar. Assim, e tendo em mente os sistemas ambientais formadores da paisagem, compreende-se que a CS apresenta conexões com os fatores antrópicos que colocam a paisagem em *risco*, interferindo nos mecanismos de *resiliência*, e ampliando sua *vulnerabilidade* frente à persistência das pressões inerentes ao próprio risco. Nesta condição são ultrapassados os limiares de resiliência dos sistemas envolvidos, que conduzirão a paisagem para dinâmicas retroalimentativas negativas e em desequilíbrio ambiental, ou, em outras palavras, insustentáveis, em instabilidade, em resistasia.

Risco é uma categoria de análise multidisciplinar aplicada à uma grande variedade de situações e áreas do conhecimento, sendo que nos estudos socioambientais destacam-se as contribuições de Sánchez (2013, 2015), Hogan & Marandola Jr. (2006 e 2007), Castro et al. (2005), Vieira (2005), Marandola Jr. & Hogan (2006, 2005, 2004, e 2004a), Anéas de Castro (2000) e Cutter (1996). É definido como efeitos indesejáveis resultantes das relações entre a sociedade e a natureza, que podem, por consequência, gerar fenômenos extremamente prejudiciais tanto às populações quanto aos ambientes atingidos. É compreendido também como a probabilidade de ocorrência de eventos nocivos ou danosos que perturbam os sistemas ambientais e afetam diretamente a sociedade.

A frequência e magnitude de fenômenos indesejáveis colocam em risco os processos e mecanismos de funcionamento dos sistemas socioambientais, desarticulando as inter-relações dos componentes que o formam, e podem resultar na sua completa desorganização. Situações mais agudas conduzem para o total colapso do sistema. Riscos são passíveis de ser valorados quantitativa e qualitativamente, porém a *incerteza* está sempre presente na sua percepção e identificação, que só é dirimida quando da ocorrência de fato do fenômeno, ou seja, quando o risco deixa de ser probabilidade e se manifesta, traduzindo-se em perigo concreto que provoca perdas humanas, materiais e econômicas.

Vulnerabilidade é tida como uma condição pré-existente, intrínseca ao sistema, que pode aumentar o risco dos impactos e danos negativos, ou seja, é o grau de suscetibilidade ou de fragilidade de um sistema, frente aos efeitos negativos dos riscos aos quais foi exposto (Metzger et al. 2006; Marandola Jr. & Hogan, 2006; Schoter et al. 2004). Desta forma, é uma resposta ao risco. Para Downing & Lüdeke (2002), referidos por Araújo (2014), a vulnerabilidade é também entendida como uma medida relativa do grau em que diferentes grupos socioeconômicos estão suscetíveis às consequências de uma situação adversa, inclusive de desertificação. É, portanto, um conceito dinâmico, uma vez que acompanha a evolução temporal da paisagem, expressando-se de múltiplas formas no espaço. Por conseguinte, domínios ou paisagens frágeis podem ser descritos como aqueles que, por suas características sistêmicas, são particularmente sensíveis aos impactos ambientais negativos. São, deste modo, de baixa resiliência ou de pouca capacidade de recuperação (Gomes &

Pereira, 2011) e, nesse caso, apresentam uma capacidade de suporte fortemente controlada por sua própria fragilidade ambiental.

Resiliência é a capacidade de um sistema ambiental em recompor seus processos e estruturas após passar por impactos e danos que o colocaram sob condições de degradação (Aven, 2011; Nascimento & Sampaio, 2004). Neste caso, o sistema cria mecanismos de absorção e adaptação aos danos que asseguram a manutenção de suas condições iniciais, ou, pelo menos, próximas a elas. Porém, na continuidade dos danos, os efeitos nocivos da degradação ultrapassam a capacidade de resiliência e transformações radicais podem vir a acontecer (Garcia et al., 2013; Nicholls & Altieri, 2011). Processos de extinção biológica, exaustão de solos e água estão, por exemplo, relacionados à perda de resiliência.

Na perspectiva destas considerações podem ser estabelecidas conexões entre a desorganização dos sistemas socioambientais e sua *capacidade de suporte*. Este é um termo que tem raízes na ecologia, quando na década de 1920 Lotka e Volterra buscaram quantificar a relação entre predador e presa. Constitui-se como um conceito intrinsecamente relacionado ao de sustentabilidade e tem sido utilizado para estimar “o número de pessoas que um ambiente natural pode suportar, garantindo sua sustentabilidade no presente sem reduzir sua capacidade de sustentar a mesma espécie no futuro” (Mota & Bursztyn, 2013, p. 47). Deste modo, tem por fator controlador ou limitante as variáveis socioambientais. Da ecologia expandiu-se para outras áreas do conhecimento e tem sido aplicado em estudos de planejamentos urbano, turismo, agricultura, mineração, e em vários outros setores da economia.

Recorrentemente a CS é também utilizada para valorar os recursos ambientais (Mota, 2006; Da Motta, 2006) e subsidiar as decisões em política pública ambiental (Sánchez, 2015; Maia et al., 2004), uma vez que os ativos ambientais são passíveis de degradação e de esgotamento, consequentes das atividades humanas. Adquire, desta forma, relevância para os estudos de ordem geográfica, podendo ser aplicado em várias análises da dinâmica do espaço.

Assim, a capacidade de suporte de determinada área pode ser compreendida como a capacidade de resiliência, de entropia, ou de retroalimentação do equilíbrio dinâmico da paisagem. É nesse viés que é possível buscar este conceito e agregá-lo à análise da desertificação, uma vez que tal processo decorre de atividades humanas rurais que ultrapassam a CS ou a capacidade de sustentabilidade, autorregulação ou autorrecuperação das terras secas dos domínios semiáridos.

Tendo em vista as discussões precedentes sobre *risco*, *vulnerabilidade*, *resiliência* e *capacidade de suporte*, e aplicando tais termos/conceitos para avaliar as condições socioambientais da RPGA-MC é possível tecer algumas considerações que irão subsidiar a avaliação da desertificação. A cobertura vegetal foi o parâmetro escolhido para tanto, por ser o que melhor possibilita iniciar a discussão.

A transformação das coberturas nativas — predominantemente de Caatinga — em pastagens, agricultura de sequeiro ou irrigada tem sido a origem principal do processo de desertificação na região em estudo. Em que pese a importância da agricultura, é a pecuária extensiva e semiextensiva que ocupa a maior extensão destas terras, conforme dados discutidos no subcapítulo 3.3.2.6 desta tese. Nos sertões das caatingas a pecuária é uma das

principais atividades econômicas e é praticada de forma diferenciada a depender das características locais, sobretudo da morfologia do relevo e da disponibilidade de pastagens.

Tendo em vista as discussões precedentes sobre *risco*, *vulnerabilidade*, *resiliência* e *capacidade de suporte*, e aplicando tais termos/conceitos para avaliar as condições socioambientais da RPGA-MC é possível tecer algumas considerações que irão subsidiar a avaliação da desertificação. A cobertura vegetal foi o parâmetro escolhido para tanto, por ser o que melhor possibilita iniciar a discussão.

A transformação das coberturas nativas — predominantemente de Caatinga — em pastagens, agricultura de sequeiro ou irrigada tem sido a origem principal do processo de desertificação na região em estudo. Em que pese a importância da agricultura, é a pecuária extensiva e semiextensiva que ocupa a maior extensão destas terras, conforme dados discutidos no subcapítulo 3.3.2.6 desta tese. Nos sertões das caatingas a pecuária é uma das principais atividades econômicas e é praticada de forma diferenciada a depender das características locais, sobretudo da morfologia do relevo e da disponibilidade de pastagens.

Tendo em vista as discussões precedentes sobre *risco*, *vulnerabilidade*, *resiliência* e *capacidade de suporte*, e aplicando tais termos/conceitos para avaliar as condições socioambientais da RPGA-MC é possível tecer algumas considerações que irão subsidiar a avaliação da desertificação. A cobertura vegetal foi o parâmetro escolhido para tanto, por ser o que melhor possibilita iniciar a discussão.

A transformação das coberturas nativas — predominantemente de Caatinga — em pastagens, agricultura de sequeiro ou irrigada tem sido a origem principal do processo de desertificação na região em estudo. Em que pese a importância da agricultura, é a pecuária extensiva e semiextensiva que ocupa a maior extensão destas terras, conforme dados discutidos no subcapítulo 3.3.2.6 desta tese. Nos sertões das caatingas a pecuária é uma das principais atividades econômicas e é praticada de forma diferenciada a depender das características locais, sobretudo da morfologia do relevo e da disponibilidade de pastagens.

A Caatinga, maior bioma do semiárido brasileiro, é fortemente controlada pelos fatores topoclimáticos e edáficos, que lhes confere grande diversidade biológica, chegando a ser registrado 12 tipos distintos de caatinga, conforme descrito no terceiro capítulo. A secular ocupação insustentável deste bioma, com supressão vegetal, degradação biológica e sobrepastejo deu início à sucessão ecológica (Calixto Júnior & Drumond, 2011, 2014), frequentemente interrompida por novas alterações, que agudizaram os processos subsequentes. A Embrapa Semiárido tem conduzido vários estudos sobre o trópico semiárido e verificado que, de fato, a degradação que atinge a Caatinga é severa e tem provocado processos de sucessão, e consequentemente empobrecimento biológico.

Deste modo, a Caatinga tem se mostrado como um mosaico de vegetações em diferentes estágios seriais, resultantes dos usos ali praticados (Andrade et al., 2007, 2005). Pereira Filho e outros (2013) e Pereira Filho & Bakke (2010) comungam a tese de sucessão ecológica e apontam que a maior parte do bioma Caatinga está em sucessão secundária, caracterizada pelo predomínio de espécies invasoras e de baixo valor nutricional:

[...] dentre as espécies lenhosas, as pioneiras como marmeleiro (*Croton sonderianus*) e jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) são as mais frequentes, com

destaque ainda para a presença de outras espécies como catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), mororó (*Bauhinia cheilantha*), mofombo (*Combretum leprosum*), dentre outras. Os autores destacam ainda que no estrato herbáceo as espécies comuns são: as gramíneas milhãs (*Brachiaria plantaginea* e *Panicum* sp.), capim-rabo-de-raposa (*Setária* sp.) e capim-panasco (*Aristida setifolia*) e; as dicotiledôneas, matapasto (*Senna obtusifolia*) alfazema brava (*Hyptis suaveolens*), malva branca (*Sida cordifolia*), feijão-de-rola (*Phaseolus patyróides* L.), centrosema (*Centrosema* sp.), erva-de-ovelha, (*Stylosanthes humilis*), manda-pulão (*Croton* sp.), bredo (*Amaranthus* sp.), dentre outras. (Pereira Filho et al, 2013p. 79).

Araújo Filho & Crispim (2002), com base em uma série de levantamentos iniciados na década de 1990 e em pesquisas secundárias, destacam a prevalência, no semiárido, do pastoreio múltiplo ou combinado. Este é um tipo de manejo que permite que diferentes herbívoros compartilhem a mesma pastagem na mesma estação. Quando se trata de pastejo múltiplo de bovinos, caprinos e ovinos em caatinga nativa não ocorrem alterações significativas, desde que resguardadas as práticas de conservação. Porém, se houver sobrepastejo, bovinos e caprinos são muito danosos, pois anelam os troncos das plantas e destroem as plântulas. Tais aspectos, para além de reduzir a diversidade biológica da Caatinga, tem levado à degradação das pastagens e elevado o nível de *stress* ambiental. A continuidade do dano rebaixa a vegetação arbórea-arbustiva, tornando-a herbácea e de fácil acesso para ovinos, o que empobrece esse estrato e pode levar ao desaparecimento das gramíneas.

Por tais inconvenientes, caprinos e bovinos tornam-se uma boa combinação para uma pecuária mais sustentável. Na caatinga raleada podem coexistir bovinos, caprinos e ovinos sem impactos ameaçadores; em caatinga nativa o melhor é consorciar caprinos e ovinos; na rebaixada, bovinos e caprinos. Resguardando-se tais práticas no manejo dos rebanhos, a pecuária é uma alternativa sustentável de exploração da Caatinga e uma ótima fonte de trabalho e renda, que pode manter-se sustentável por várias gerações.

A capacidade de suporte média da caatinga, de acordo com Araújo Filho & Crispim (2002), é de 12,5 ha/animal/ano, muito maior que o recomendado — o valor ideal estimado deveria ser de 4,5 ha/animal/ano (Figura 4.1).

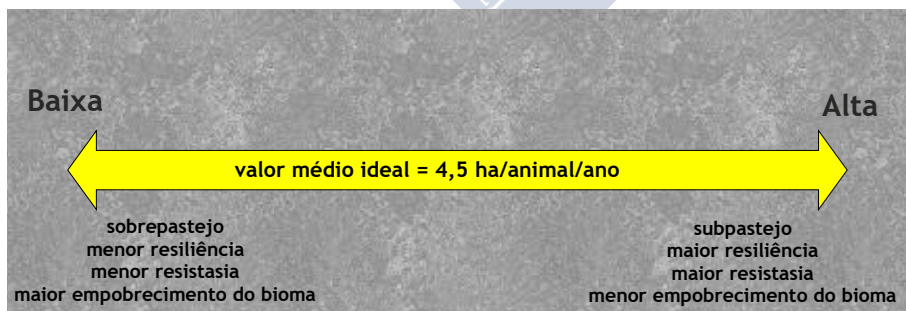


Figura 4.1. Esboço representativo da Capacidade Suporte da Caatinga à Pecuária

Este dado varia conforme os tipos de pastagem — pastagens nativas para criação de caprinos e ovinos possuem baixa capacidade de suporte (1 ovelha/ha); as artificiais, formadas por gramíneas, suportam acima de 25 ovelhas/ha (Quadros, 2004). Em ambas, o sobrepastejo

agrava a degradação das pastagens e conduz à queda na sua produtividade, gerando danos, num efeito “bola de neve”, que tem resultado tanto na perda de pastos, nativos ou não, quanto no decréscimo dos rebanhos.

Em trabalho posterior, Araújo Filho (2014) avalia que a caatinga arbórea pode alcançar uma capacidade de suporte em torno de 10 a 12 ha/bovinos/ano, 1,5 a 2 ha/ano para ovinos e caprinos. A parque, menos densa, de 3,5 a 4 ha/ano para bovinos, 0,5 a 0,7 ha/ano para ovinos e caprinos. O roçado em pousio, ou capoeira, representa uma estratégica reserva alimentar para os períodos de seca.

Souza et al. (2015) pesquisaram o efeito da desertificação sobre a caatinga e concluíram que existe uma estreita e dinâmica correlação entre a riqueza, diversidade e composição florística da caatinga e a forma, a intensidade e o tempo de uso das terras — o pastejo afeta “principalmente arbustos e árvores perenifólias, como *Ziziphus joazeiro*¹⁸ e *Spondias tuberosa*, ou espécies decíduas com ciclo reprodutivo parcial ou completo na estação seca, como *Comiphora leptophoeos* e *Myracrodun urundeuva*, todas elas clímax na Caatinga” (p. 56).

Anteriormente, Pereira Filho e outros (2013), Andrade e outros (2006) e Leal e outros (2003), dentre vários pesquisadores, já consideravam que o empobrecimento das espécies da caatinga, bem como a perda no porte da vegetação estão relacionadas à superpopulação de caprinos por pastagem, o que vem conduzindo à degradação generalizada. Mitigar esse cenário para níveis de menor pressão sobre o ambiente, junto à adoção de manipulação da vegetação, compatível com as condições limitantes deste domínio é necessário, pois a sustentabilidade da pecuária na caatinga depende da sua capacidade de suporte. Araújo Filho (2013) calcula que, nos últimos trinta anos, os rebanhos bovinos, caprinos e ovinos cresceram menos de 50%, enquanto a população do nordeste brasileiro aumentou em 150%. Tal declínio na pecuária pode ser interpretado como resposta à redução de áreas de pastejo devido à degradação das pastagens, e subsequente perda da capacidade produtiva dos rebanhos.

Os efeitos da caprinocultura na composição da flora da caatinga são muitos e destacam-se aqueles associados ao nanismo de arbustos e árvores menores, visto a predileção por brotos e folhas novas, e perda na germinação de várias espécies cujas sementes são totalmente trituradas na mastigação. Estas circunstâncias tornam evidente que a caprinocultura pode levar, junto com outros fatores, à desertificação. Isto se torna mais grave em áreas com alta taxa de lotação animal, acima da capacidade de suporte, resultando no paulatino empobrecimento da vegetação.

A Caatinga assume, diante destas questões — brevemente colocadas — uma importância muito grande e tem se tornado reconhecida como a principal fonte de geração de recursos para a sobrevivência e permanência das populações que habitam os sertões secos. Tanto que, em todas as edições do Workshop — Potencial Biotecnológico da Caatinga, iniciados em 2010, as discussões sobre o uso sustentável deste bioma e a convivência com a seca ressaltam a urgência de planejamento e gestão mais efetivos e duradouros, para conter a desertificação e a perda de *habitat* para manter os serviços ecológicos.

¹⁸ *Ziziphus joazeiro* ou juazeiro; *Spondias tuberosa* ou umbuzeiro; *Comiphora leptophoeos* ou imburana; *Myracrodun urundeuva* ou arueira.

Tomando por base tais considerações, foram delineadas etapas para se identificar e avaliar a Capacidade de Suporte Ambiental da RPGA-MC, partindo do pressuposto que isto é possível a partir da interpretação do contexto das relações socioeconômicas e físico-biológicas da região, tomadas na perspectiva da análise integrada da paisagem, da capacidade de suporte das caatingas.

Tem-se por premissa que a situação de reprodução dos usos dados às terras secas do semiárido é reflexo de sua progressiva insustentabilidade, daí que encontrar os indicadores de sustentabilidade das diversas paisagens da região abre perspectivas para avaliar sua CSA. Para tanto, as orientações dadas no relatório do Painel Nacional de Indicadores Ambientais — PNIA— (Brasil/MMA, 2012), trouxe contribuições relevantes para delimitar e compreender os marcos teórico-conceituais, no âmbito dessa tese, da CSA da RPGA-MC:

- Não é o nível após o qual os impactos surgem;
- Expressa o ponto ou limite em que a resiliência ambiental é transposta;
- Reflete o estado da cobertura das terras das áreas suscetíveis à desertificação;
- Tem estreita relação com as características socioambientais locais e regionais;
- Reflete indicadores de sustentabilidade que são flexíveis e relativos, pois sistêmicos.

4.2 O emprego de indicadores no estudo da desertificação

Desde a Conferência de Nairóbi, realizada em 1977, foram inúmeras as tentativas para se estabelecer um consenso universal quanto aos indicadores de desertificação. O Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na América do Sul, que reúne Argentina, Brasil, Bolívia, Chile, Equador e Peru empreende esforços desde 1996, no sentido de definir os *Indicadores da Desertificação para a América do Sul*, cujos resultados foram publicados em 2006. Foram considerados três grupos de fatores e temas:

1. Fatores abióticos e bióticos — o clima; a água; a flora e a fauna.
2. Fatores sociais e econômicos — uso da terra; população; e pobreza.
3. Fatores institucionais e organizacionais — institucionais; e organizações sociais.

Dentre estes, *pobreza* é um tema controverso. A associação entre pobreza e degradação ambiental começou a ser discutida a partir das repercussões do Relatório Nosso Futuro Comum (Brundtland, 1987), em que se demonstrou a interdependência entre os fatores econômicos, sociais e ambientais. De lá para cá, essa discussão vem adquirindo novos contornos e as pesquisas têm buscado elucidar a questão, dirimir controvérsias e problematizar, de forma mais ampla, tão delicada hipótese. Destacam-se os trabalhos de Finco et al., 2004; Moretto & Schons, 2007; Sen, 2010; Alves, 2013; Duarte, 2015; Pereira & Silva, 2011; Francisco, 2015; Barbosa et al., 2015. No entanto, ainda pairam inúmeras dúvidas, e a principal recai sobre a pobreza ser uma *causa* ou uma *consequência* da degradação ambiental. Todavia, à parte de tais indagações, o binômio pobreza/sustentabilidade está imbricado a fatores sociais, econômicos e ambientais com forte interdependência e ambos podem ser utilizados para medir a qualidade de vida de uma população.

Também nos anos 1990 foram propostos 19 indicadores de desertificação (Matallo Jr, 2001. p. 55):

1. Erosão
2. Salinização
3. Perda de fertilidade dos solos
4. Cobertura vegetal
5. Índice de vegetação
6. Produtividade agrícola
7. Produtividade pecuária
8. Disponibilidade de água de superfície
9. Disponibilidade de água subterrânea
10. Qualidade da água
11. Coeficiente de uso da mão de obra
12. Coeficiente de excesso da mão de obra
13. Coeficiente de saturação da mão de obra
14. Renda per capita
15. Estrutura etária
16. Migrações
17. Densidade demográfica
18. Educação
19. Dinâmica demográfica.

Na IV Reunião Regional da América Latina e Caribe para a Implementação da Convenção, em Antígua e Barbuda em 1998, foi proposto, numa tentativa de sistematizar os 19 indicadores referidos, dois grupos (Matallo Jr, 2001):

1. Indicadores de Situação — clima, indicadores sociais, indicadores econômicos, uso do solo agrícola;
2. Indicadores de Desertificação — biológicos, físicos, indicadores agrícolas, densidade demográfica.

Nesse mesmo período houve iniciativas de incorporar aos indicadores os conhecimentos das populações tradicionais, nos princípios da etnoconservação, das áreas sujeitas ou afetadas, visto que “os modos de vida das populações tradicionais seriam ambientalmente sustentáveis e harmônicos com a natureza” (Matallo Jr, 2001, p. 69) e que, desta forma, estes conhecimentos poderiam ser resgatados e aproveitados para se garantir a sustentabilidade ambiental (Gomes & Bandeira, 2012; Costa Neto, Vale & Franca-Rocha, 2011; Pereira & Diegues, 2010; Bessa, 2008; Albuquerque, 1999; Arruda, 1999).

Para o Brasil, os principais trabalhos desenvolvidos sobre desertificação — por exemplo, Ferreira, 1994; Viana e Rodrigues, 1999; Sales, 1996; Oliveira-Galvão e outros, 2003; Sampaio e outros, 2003 — usaram algum tipo de indicador (Sampaio et al., 2008). Porém, ainda há uma grande dificuldade para se definir indicadores que sejam aceitos de modo universal. Esta ausência de consenso deve-se à complexidade e ao grande número de fatores envolvidos no processo de desertificação. As múltiplas escalas temporais e espaciais de análise, e a diversidade de profissionais interessados na temática, torna o diálogo difícil e, por vezes, desestimulante. Herrman & Hutchinson (2005) avaliam também que a existência de definições conflitantes — a avaliação da desertificação vai desde a estimativa do movimento anual dos desertos às complexas pesquisas e metodologias baseadas em indicadores do funcionamento do ecossistema — geraram metodologias também conflitantes.

As últimas reuniões da UNCCD têm avançado bastante e ampliado o debate acerca dos indicadores de desertificação, reconhecendo a necessidade, cada vez maior, de que medidas de reversão do processo sejam imediatamente adotadas, enquanto ainda há tempo.

Na Assembléia Geral das Nações Unidas realizada em setembro de 2015, foi criada a Agenda 2030, pela Resolução 70/1 — *Transformar o nosso mundo: Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. Para atingir este cenário, foram definidos 17 objetivos globais de desenvolvimento sustentável, dentre os quais, *Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade* - objetivo 15.

Os debates sobre a Agenda prosseguiram durante a 12ª Conferência das Partes (COP 12), em outubro de 2015, onde se discutiu por incorporar na Convenção os objetivos e metas de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030, relativos à Degradação Neutra das Terras (DNT). Esta, é estratégia de grande parte dos países da Convenção — sair da premissa de *combate à desertificação das terras secas para convenção de terras* — para, deste modo, ampliar os programas para além das regiões semiáridas, e alcançar todo o planeta. A União Europeia está bastante envolvida nesta proposta e está se empenhando para que a Convenção passe a ser assim compreendida. Uma outra mudança diz respeito a construir, pouco a pouco, uma sinergia entre as três Convenções — Mudanças Climáticas, Biodiversidade e Desertificação — uma vez que, estes temas são permeados por fatores semelhantes, tanto em natureza, quanto em dimensão.

Os delegados definiram DNT como “Um estado em que o montante de recursos de terra saudável e produtiva, necessário para dar suporte aos serviços ecossistêmicos, permanece estável, ou aumenta, dentro de escalas específicas temporais e espaciais”, ou “Estado das terras para o qual a quantidade e a qualidade dos recursos disponíveis para apoiar os serviços e funções do ecossistema e para melhorar a segurança alimentar, permanecem estáveis, ou incrementam, dentro de escalas espaço-temporais e ecossistemas específicos”. Ambas definições são citadas pela UNCCD e, ressalva-se, que para a Convenção, esta se aplica somente às áreas afetadas em zonas secas ou áridas.

Na oportunidade da COP 12, foi retomada também a Decisão 22 da COP.11, quanto a melhor forma de mensurar o *progresso de base* na avaliação da DNT. Houve consenso para que seja feito por meio de três indicadores:

1. As tendências no cobertura e usos das terras
2. As tendências na produtividade das terras ou do funcionamento das terras
3. As tendências dos stokes de carbono, acima, e no solo.

Em setembro de 2017, na cidade de Ordos, China, a COP-13 introduziu um novo marco estratégico e discutiu os temas considerados como mais decisivos para a Convenção — dimensão humana dos processos de desertificação; degradação da terra e seca; e importância do manejo sustentável das terras. A partir destes, foi criado o Novo Quadro Estratégico da UNCCD/2018-2030, que delimita 5 objetivos prioritários:

1. Promover as condições dos ecossistemas afetados:

1.1 Tendências no coberto do solo

- 1.2 Tendências na produtividade da terra ou do funcionamento da terra
- 1.3 Tendências nos stocks de carbono abaixo e acima da superfície do solo
2. *Promover as condições de vida das populações afetadas:*
 - 2.1 Tendências na população que vive abaixo da linha de pobreza e/ou desigualdade de rendimentos nas áreas afetadas
 - 2.2 Tendências no acesso a área potável nas áreas afetadas
3. *Mitigar, adaptar e gerir os efeitos da seca para promover a resiliência das populações e ecossistemas vulneráveis:*
 - 3.1 Monitorização a partir de informação qualitativa
4. *Gerar benefícios ambientais globais pela implementação da UNCCD:*
 - 4.1 Tendências nos stocks de carbono abaixo e acima da superfície do solo
 - 4.2 Tendências na abundância e distribuição de espécies selecionadas
5. *Mobilizar recursos substanciais e adicionais financeiros e não financeiros para apoiar a implementação da UNCCD construindo parcerias efetivas a nível global e nacional:*
 - 5.1 Tendências na assistência ao desenvolvimento bilateral oficial internacional
 - 5.2 Tendências nos recursos domésticos públicos
 - 5.3 Tendências no número de parceiros co-financeiros
 - 5.4 Recursos mobilizados de fontes financeiras inovadoras, incluindo do setor privado.

O Brasil aderiu ao programa DNT e, desta forma, poderá acessar recursos de fundos internacionais para executar a Política Nacional de Combate à Desertificação, por meio da Estratégia de Recuperação de Áreas Degradadas e Redução à Vulnerabilidade as Mudanças Climáticas (Urad). Este programa prevê ações ambientais, sociais e produtivas em microbacias hidrográficas, em parceria com as comunidades, para recuperar áreas de pastagem degradada, ao tempo, em que incentiva a Integração de Lavoura, Pecuária e Floresta. No Brasil já existem experiências exitosas em Sergipe, nos municípios de Canindé do São Francisco e Poço Redondo. Em 2018, Maranhão, Piauí, Bahia, Ceará e Pernambuco, também irão implementar o projeto nas áreas afetadas por desertificação.

Em abril de 2018 a cidade de Fortaleza, no Brasil, sediou o Workshop de Capacitação Regional da América Latina e do Caribe. O objetivo foi discutir o Quadro Estratégico da UNCCD, 2018-2030, deliberado na COP 13, que orienta sobre como implementar a Convenção:

1. Permitir que os países elaborem seus informes nacionais completos e em tempo hábil
2. Identificar áreas prioritárias de ação para estabelecer e fortalecer as ações de combate à desertificação e os sistemas de monitoramento relacionados, bem como aumentar o financiamento para a implementação da UNCCD
3. Informar às Partes sobre a contribuição da UNCCD para o Relatório de Progresso dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), com ênfase na meta 15.3, referente à neutralidade de Degradação da Terra.

Este cenário de mudanças, sobretudo, a partir da COP 11, tem sido muito positivo para as ações de controle da desertificação no Brasil, principalmente, por possibilitar a criação de áreas para monitoramento do processo. Apesar de ainda muito recente, esta mudança de paradigmas está sendo incorporada e disseminada pouco a pouco, com grande expectativa de que venha a produzir soluções estruturantes definitivas e que o processo seja, de fato, controlado ou, a melhor hipótese, revertido.

4.3 Métodos e técnicas no estudo da desertificação

Barros e outros (2012) realizaram exaustiva análise dos principais periódicos da área de sensoriamento remoto para verificar o estado da arte do tema *desertificação* (Tabela 4.2). Os resultados mostraram que ainda existe uma carência no âmbito de publicações internacionais e que as metodologias adotadas não têm caráter multidisciplinar. Diferentes áreas de conhecimento que se dedicam ao estudo da desertificação ainda não adotam uma metodologia que possa ser considerada multidisciplinar o suficiente para abordar tanto a questão ambiental quanto socioeconômica da desertificação. No Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, onde encontram-se a maior parte dos trabalhos publicados, apontam-se duas metodologias mais empregadas — mapeamento e classificação da área de estudo para identificação das áreas degradadas, em uma única data; e a análise multitemporal, com a utilização do índice de vegetação ou não. As metodologias dos trabalhos das revistas apresentaram caráter inovador e variado; destaque para a utilização do índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) que, analisado de maneira individual ou como um dos índices abordados, foi uma metodologia bastante recorrente.

Tabela 4.2 - Incidência do tema desertificação nos principais periódicos da área de sensoriamento remoto.

Publicação	Edição	Inciden- cias	Procedimentos metodológicos adotados
Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)	2002 a 2013	24	Mapeamento e classificação da área com uma única cena. Análise multitemporal com o emprego do índice de vegetação ou não. Modelagem e utilização de imagens para localização/interpretação das áreas degradadas e posterior confirmação em campo. Aplicação do índice de aridez e variação do albedo do solo.
Revista Remote Sensing of Environment	2001 2004 2005 2008 2009 2010	06	Modelagem envolvendo a evapotranspiração; Produção de biomassa relacionada com a quantidade de chuva. Utilização da escala de produção líquida (LNS). Utilização de imagens de satélite para detectar e mapear características relacionadas à biologia do solo. Análise temporal do índice de vegetação (NDVI) e correção atmosférica e cálculo da emissividade para melhorar a estimativa da temperatura da superfície terrestre (LST).
Revista IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	2003 e 2007	03	Análise de transformações espectrais: índice de vegetação, derivada espectral, albedo, modelo linear e mistura espectral, e a comparação dos satélites AVIRIRS e o EO-1 Hyperion para coberturas do solo. Indicadores ecológicos.
Revista International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	2005 e 2010	04	Integração de dados de solos, geologia e modelo digital de elevação; interpretação de imagens e classificação relacionada com as mudanças climáticas e mapeamento de áreas degradadas através de uma análise multitemporal de imagens. Alterações nas respostas espectrais do solo.
International Journal of Remote Sensing	2000 a 2010	18	Transformações espectrais no desenvolvimento de um índice e posterior combinação deste com um índice de vegetação. Caracterização da degradação do solo com base em duas abordagens: análise de mistura espectral e um conjunto de índices que descrevem a forma do espectro. As tempestades de areia/poeira. Análise do solo: umidade, tamanho dos grãos e/ou mudança no uso/cobertura. Análise multitemporal foi adotada diversas vezes para indicar mudanças na paisagem, características termais, transformações espectrais e

			<p>principalmente para análise do NDVI. Este índice foi identificado em inúmeras metodologias para estudo/identificação/monitoramento da desertificação, seja abordando-o unicamente no trabalho ou como um dos índices/indicadores analisados.</p> <p>No que se refere aos indicadores, estes também foram identificados e estão relacionados não só com a cobertura vegetal, como também com a pluviosidade, com a LST, com o escoamento superficial e a erosão do solo.</p>
--	--	--	--

Fonte: Barros e outros, 2012. O estado da arte da desertificação: análise dos principais periódicos da área de sensoriamento remoto. Viçosa, MG. V.2, n.1 (jul. 2012). P 144-150. 2012.

Sá e outros (2014) buscaram e testaram duas variáveis que melhor pudessem explicar a natureza da desertificação em estudos feitos no Ceará — o mapa da cobertura vegetal realizado com o uso de imagens do sensor ETM+ da série Landsat 5 e 7, dos anos 2002 e 2003, respeitando-se o Manual Técnico da Vegetação Brasileira/IBGE/1992 como referência para o estabelecimento da legenda final; a segunda variável foi o mapa das classes de solos tomando-se como base de referência o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa/2006. A partir do mapa da cobertura vegetal e dos índices de sensibilidade à desertificação, adotados para estas classes de cobertura, foi gerado o Mapa de Sensibilidade à Desertificação. Quanto às classes de solos, foram utilizados os critérios de suscetibilidade à erosão descrito por Lima e outros (Brasil/Embrapa, 2002), totalizando quatro situações de suscetibilidade à degradação. Os níveis de sensibilidade estão diretamente relacionados à falta de uma boa cobertura vegetal dos solos, ocasionadas, muitas vezes, pelo desmatamento para implantação de campos agrícolas, assim como pelo manejo inadequado dos solos. Em 2011, Sá e outros adotaram a Análise por Componentes Principais (ACP) para avaliar a desertificação em Pernambuco, técnica de transformação linear para obtenção do realce e correlação de bandas, classificações, compressões de dados e simulação de bandas pancromáticas. Verificaram que esse método estatístico explora favoravelmente a correlação das bandas de imagens multitemporais de regiões que sofrem modificações substanciais da paisagem.

Oliveira (2011) utilizou em estudos dos processos de desertificação na Ilha de Santiago/Cabo Verde a análise sistêmica da dinâmica ambiental e o estado de evolução dos sistemas naturais, conforme Tricart (1977), que possibilitou estabelecer o grau de vulnerabilidade do ambiente e sua sustentabilidade futura, tendencial e desejada. Para tanto, selecionou os indicadores biofísicos de desertificação — geologia, geomorfologia, vegetação, cobertura vegetal (estratificação), cobertura vegetal natural, solos, erosão e condições climáticas — e organizou um quadro sinóptico dos sistemas ambientais, contemplando, (a) sistemas ambientais; (b) características naturais dominantes e ecodinâmica da paisagem; (c) problemas ambientais; (d) capacidade de suporte, incluindo condições de potencialidades e limitações; (e) cenários tendenciais e desejáveis. A autora recorreu aos SIG para analisar a paisagem de forma integrada e às unidades geomorfológicas para delimitar as unidades geoambientais.

Silva e outros (2011) mapearam áreas em risco de desertificação no estado de Pernambuco por meio da avaliação das características espectrais dos solos e da interpretação visual das imagens Landsat (forma, tamanho, textura, tonalidade, cor, padrão). A alta refletividade espectral ocorreu em solos com processos de degradação — texturas arenosas tendem a ter maior refletância, devido à sua constituição quartzosa, permeabilidade, pouca matéria orgânica e óxidos de ferro, e menor umidade; as argilosas, onde o teor de matéria orgânica é maior, absorve mais e reflete pouca energia eletromagnética. Assim,

[...] nas imagens negativo/Landsat, os valores de níveis de cinza entre 0 e 128 foram classificados como áreas gravemente degradadas. Os valores de níveis de cinza entre 129 e 191 foram classificados como áreas degradadas. Os valores de níveis de cinza entre 192 e 255 foram classificados como áreas moderadamente degradadas. Ressalte-se que na imagem original, esses intervalos de níveis de cinza são o inverso. Ou seja, 129 a 255, 66 a 128 e 0 a 65, respectivamente. A partir dessa classificação foi possível gerar uma imagem negativo/Landsat das áreas degradadas (p. 9146/9147).

Santini e outros (2010) avaliaram, por meio de SIG, o risco de desertificação na Ilha Sardenha/Itália e criou um Índice Integrado de Desertificação baseado em seis fatores — sobrepastoreio, produtividade da vegetação, fertilidade do solo, erosão hídrica, erosão do vento e da água do mar, e salinização. O índice varia de 0 a 1, representando a melhor e as piores condições, respectivamente, e se mostrou eficiente para mapeamentos em escala regional para a detecção de áreas de risco, além de fornecer parâmetros para ações políticas para mitigar a degradação do solo e impedir que processos de desertificação sejam desencadeados.

Trigueiro (2009) adotou o indicador biofísico e aplicou um método de avaliação da composição florística e estrutural da vegetação, em Tauá, Ceará. Os resultados demonstraram que a vegetação se encontra em vulnerabilidade ambiental devido à perda de solo por erosão; baixo teor de matéria orgânica; extrativismo vegetal; pisoteio; desmatamento; queimadas e mecanização inadequada por adubação química. Estes fatores têm levado a processos de desertificação e empobrecido a caatinga.

Sampaio e outros (2008) abordaram dois aspectos importantes para a compreensão da desertificação no semiárido brasileiro: a propensão à desertificação — relacionada às características do local; e a desertificação propriamente dita, que envolve mudança no tempo, com piora nas condições ambientais, agrícolas, econômicas e/ou sociais. Os indicadores a serem adotados em ambos os aspectos podem ser os mesmos, e, avaliam os autores, a possibilidade de juntar todos os indicadores em um único índice. Sugere estabelecer, para tanto, 4 subíndices — condições ambientais, agrícolas, econômicas e sociais.

Navone e outros (2006) estudaram os processos de desertificação no noroeste argentino e desenvolveram uma metodologia baseada em indicadores biofísicos, tendo por premissa que um indicador deve organizar-se dentro de um marco conceitual, demarcar claramente o problema e apontar o seu funcionamento. Além disso, cada indicador deve

[...] ser claramente identificable, fácil de medir, representativos, asegurar repetitividad, válido en todas o por lo menos la mayoría de las escalas de estudio, en lo posible disponer de series temporales. La función de un indicador es expresar, representar o medir el estado de una variable. En este sentido cualquiera de los factores que intervienen en los procesos de desertificación puede servir de indicador del problema”. (Navone et al., 2006, p.105/106).

Neste estudo do processo na Argentina, os autores utilizaram o marco conceitual proposto pelo PNUMA — força motriz, pressão, estado e resposta — onde *força motriz* representa as atividades humanas, os processos que têm impacto sobre a desertificação; *pressão* são as causas do processo e deve mostrar a debilidade ou resiliência da relação entre o ambiente natural, a economia e a sociedade; *estado* reflete a condição atual da terra, assim como sua

resiliência para suportar os impactos; *resposta* são as medidas e respostas da sociedade ao impacto. Os indicadores biofísicos adotados foram a deterioração da cobertura vegetal, erosão hídrica, erosão eólica, e salinização.

Outro grupo de fatores que têm relação com a desertificação são as mudanças climáticas (Molion, 2008a, 2008b, 2007, 2005, 2002, 2000; Reilly et al., 2001; Webster et al., 2001; Wingley e Raper 2001) uma vez que influenciam os processos nas terras secas (Oyama & Nobre, 2003; Cavalcanti et al, 2002; Brasil/INPE, 2002; Nobre et al, 1991). Entretanto, apesar de não constituírem o único fator propulsor, contribuem para alterar os limiares críticos para além dos quais os sistemas água/solo/planta não podem mais manter sua resiliência. Áreas pouco degradadas que passem por intensa e rápida desertificação apresentam maior risco quando comparada a outra, em nível de degradação elevado, porém estável ao longo do tempo.

Admitindo-se a participação das mudanças climáticas como potencializadoras da desertificação e com o objetivo de monitorar os episódios de secas prolongadas, foi firmada uma parceria entre o Ministério do Meio Ambiente, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e o Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), em 2010, para implantar o Sistema Brasileiro de Alerta Precoce de Secas e Desertificação. Este sistema adota metodologia baseada na identificação de Indicadores Regionais de Desertificação (RDI) e Áreas Ambientalmente Sensíveis (ESA), através da análise multifatorial simultânea, baseada no conhecimento geral e local dos processos atuantes.

4.3.1 Procedimentos metodológicos: geotecnologias aplicadas aos estudos de desertificação

As geotecnologias — Processamento Digital de Imagens (PDI) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) — têm sido utilizadas na geografia e proporcionam a análise de um grande número de dados de forma mais rápida e mais precisa. O PDI é uma técnica para melhorar as qualidades espaciais e espectrais de uma imagem de satélite. Dentre as principais estão o pré-processamento de imagens (correções radiométricas e geométricas), o realce de imagens e a aplicação de estatísticas inferenciais para identificação de padrões (Meneses et al., 2012; Novo, 2010; Jensen, 2009; Silva, 2003). Por sua vez, os SIG são sistemas computacionais desenvolvidos para aquisição, armazenamento, manipulação e suporte à análise de dados georreferenciados ou geocodificados (Marble & Peuquet, 1983; Goodchild, 1987; Bocco & Valenzuela, 1988; Star & Estes, 1990; Faust et al., 1991 e Dobson, 1993; apud Pinto e Garcia, 2005, p. 31). Pinto e Garcia (2005) salientam que o uso dos SIG nos trabalhos realizados no Brasil é principalmente para a avaliação do uso da terra e da erosão do solo — Pinto (1991), Donzeli et al. (1992), Pinto (1996) —, e para integrar dados geocodificados.

Este aparato instrumental trazido pelas geotecnologias tem sido aplicado às pesquisas geográficas, e, no que diz respeito aos estudos de natureza físico-ambiental e geomorfológica, a base de dados orbitais disponibilizada pelas agências espaciais “permite visualizar o espaço geográfico em três dimensões e, utilizando um SIG, obter de forma automática, variáveis morfométricas, tais como altitude e declividade, que são essenciais nos estudos geomorfológicos, pedológicos e ambientais” (Florenzano, 2005; p. 25). As imagens de satélites orbitais são também empregadas para se obter índices da cobertura das terras, como vegetação e áreas agrícolas, que são utilizados como âncora no mapeamento do uso das terras,

por fotointerpretação. Os estudos dos processos de desertificação cada vez mais utilizam essas ferramentas, em especial os modelos digitais do terreno (MDT) e os processamentos digitais de imagens de sensores remotos.

Sobretudo, a partir da *Mission Shuttle Radar Topography* (SRTM) lançada em fevereiro de 2000, um projeto entre a Agência Nacional de Inteligência Geoespacial (NGA) e o *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), foi que se abriram inúmeras possibilidades de estudos do relevo por meio dos modelos digitais do terreno ou de elevação. O projeto objetivou produzir dados topográficos digitais para 80% da superfície terrestre do planeta (entre as latitudes 60°N e 56°S), com pontos de dados localizados a cada 1 segundo de arco (aproximadamente 30 metros), resolução esta disponível apenas para o hemisfério norte. Em 2011, o ASTER — *Spaceborne Thermal Emission e Reflection Radiometer* e o *Global Digital Elevation Modelo Versão 2* (GDEM V2) —, parceria entre o Ministério da Economia, Comércio e Indústria (METI) do Japão e a NASA, lançou novo sensor espacial em 17 de outubro de 2011, com resolução espacial de 30m.

Das considerações feitas acerca do conceito de paisagem e das metodologias utilizadas para o seu estudo, compreende-se que os diagnósticos, caracterizações e avaliações espaço-geográficas são imprescindíveis. Por sua vez, a natureza da desertificação — multifacetada e multiescalar —, reflexo da complexidade das dinâmicas socioambientais, deve ser vista sob a perspectiva da análise integrada, diacrônica e sincrônica da paisagem. Estes princípios foram aplicados para conduzir e formar o arcabouço teórico e conceitual do estudo da desertificação e subsidiaram estabelecer os procedimentos metodológicos, conforme representado na Tabela 4.3, e buscam contemplar os indicadores de situação e de desertificação, referidos na literatura.

Tabela 4.3 - Procedimentos metodológicos para investigar a desertificação na RPGA-MC

Procedimentos metodológicos	Indicador	Objetivo	Produto
Estatística básica dos dados socioeconômicos	Socioeconômico	Analisar os principais aspectos socioeconômicos municipais	Tabelas, gráficos e mapas
Análise multitemporal da vegetação	Índice de vegetação	Indicar mudanças na paisagem e na distribuição da vegetação	1. Mapas Multitemporais dos Índices de Vegetação 2. Mapas multitemporais das Superfícies Transformadas e dos Remanescentes de Vegetação
Análise do relevo	Erosão	Mapear o relevo para analisar formas e dinâmicas dos processos geomórficos	Mapa das Unidades Geomorfológicas
Modelagem Geoambiental	Geoambiental	Integrar os indicadores biofísicos e antrópicos para inferir sobre a suscetibilidade a desertificação e sustentabilidade futura, tendencial e desejada para a região, Contemplando: a) sistemas ambientais b) características naturais dominantes e ecodinâmica da paisagem c) problemas ambientais d) capacidade de suporte incluindo condições de potencialidades e limitações e) cenários tendenciais e desejáveis.	Mapa de Unidades de Paisagem Mapa da Capacidade de Suporte

A primeira etapa da pesquisa foi dedicada a ampliar os conhecimentos necessários para se atingir os objetivos da tese e contou com revisão de literatura e cartográfica no Brasil e Espanha. Deste modo, foram adquiridos o embasamento teórico e conceitual relativo aos elementos centrais da pesquisa. Foram selecionados dados abióticos, bióticos, sociais e econômicos, produzidos e publicados por institutos e organismos governamentais e não governamentais, aos quais foi aplicada análise estatística básica para interpretação da situação físico-ambiental e socioeconômica da RPGA-MC.

A seguir foram levantadas e obtidas imagens de sensores remotos para elaborar mapas temporais e multitemporais, onde os processamentos aplicados possibilitaram obter o Índice de Vegetação e o Mapa de Superfícies Transformadas e dos Remanescentes de Vegetação, bases cartográficas espaciais para discutir os sistemas e, em parte, os agentes organizadores do espaço. O modelo digital do terreno foi utilizado para extrair a morfometria do relevo e das bacias hidrográficas, necessários para a construção do Mapa das Unidades Geomorfológicas, e identificar relações causais entre o relevo e as atividades produtivas.

Trabalhos de campo foram realizados nas etapas precedentes a fim de validar e dar suporte às análises estatísticas e à fotointerpretação, uma vez que possibilitaram a observação direta das paisagens, feições ecológicas e antropomórficas, com ênfase para os danos e degradações ambientais, bem como para os processos de desertificação.

A etapa final foi analítica e compreendeu a integração dos dados, interpretação dos resultados e avaliação dos danos, degradação ambiental e desertificação. Mapas de síntese, quadros e gráficos foram os principais produtos cartográficos apresentados nessa etapa. Subsequente, foram avaliadas as hipóteses iniciais, em especial a tendência evolutiva das paisagens da RPGA-MC, natural ou adquirida, para desenvolver processos de desertificação.

4.4 Os Materiais e as técnicas

4.4.1 Banco de dados, sensores remotos e a seleção de imagens para o estudo da desertificação

O estudo da desertificação requer um amplo conjunto de materiais, que possibilitem apreender sobre a gênese, dinâmicas e consequências deste processo. O número de indicadores propostos na literatura para alcançar estas questões é considerável e demanda uma equipe multidisciplinar e especializada. Neste sentido, e, diante das limitações de um trabalho doutoral e dos recortes metodológicos estabelecidos para a pesquisa, foi criado um Banco de Dados multitemáticos, primários e secundários, (Tabela 4.4), os quais apresentam correlação com os processos de desertificação e coerência com os objetivos propostos.

Os dados disponíveis nos censos Demográfico e Agropecuário do IBGE, da SEI, do MDS e MS, do PNUD, e da FIRJAN, formaram a base de dados para a análise dos principais indicadores sociais e econômicos da RPGA-MC. Constituem resultados de levantamentos sistemáticos, aos quais foi aplicada análise estatística básica para elaboração de tabelas, gráficos e mapas. Imagens de sensores remotos foram utilizadas no estudo das transformações humanas e do relevo.

Tabela 4.4 - Banco de Dados aplicado ao estudo da desertificação na RPGA-MC

Dados	Fonte	Ano	Escala	Aplicação ao estudo
Dados Primários				

Índices de Vegetação NDVI e EVI	Mapas multitemporais dos índices de vegetação: 2001, 2006, 2011, 2016	(Vale, 2018)	1:100.000	Localizar e dimensionar os índices de vegetação.
Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	Mapas multitemporais de Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação - 1973, 1990/92, 2001, 2009, 2016	Vale 2015 2017	1:100.000	Localizar e dimensionar remanescentes de vegetação. Avaliar os usos dos solos. Avaliar as transformações ambientais.
Relevo	Mapa das Unidades Geomorfológicas	2018	1:100.000	Dimensionar e avaliar as unidades, formas e distribuição espacial dos relevos
Área urbana e povoados	Imagens de satélite do sensor RapidEye	2009	1:100.000	Localizar e dimensionar áreas urbanas e povoados
Levantamentos de campo	Raquel Vale	2009 2012 2013 2016 2017	-	Observar as paisagens da RPGA-MC: identificar dinâmicas geoambientais e socioambientais; levantar dados.
Dados Secundários				
Índices de Vegetação NDVI e EVI	Embrapa: imagens do sensor Modis Terra	2001 2006 2011 2016	-	Localizar e dimensionar os índices de vegetação.
Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	Imagens dos satélites Landsat e RapidEye	1973, 1990/92, 2009, 2016	1:100.000	Localizar e dimensionar remanescentes de vegetação. Avaliar os usos dos solos. Avaliar as transformações ambientais
Relevo	Modelo Digital do Terreno da (MDT/SRTM-NASA)	2003	-	Dimensionar e avaliar as unidades, formas e distribuição espacial do relevo
Shape file da RPGA-MC	Inema	2011	-	Delimitar a área de estudo
Shape file dos limites municipais	Malha municipal IBGE	2010	1:1.000.000	Caracterizar a região em estudo
Geomorfologia	Sig-Bahia, SRH	2003	1:1.000.000	
Isoietas			1:1.000.000	
Hidrografia			1:250.000	
Geologia			1:1.000.000	
Vegetação e Uso do Solo	Sig-Bahia, SRH - Semarh/2002		1:100.000	
Solos	Sig-Bahia, SRH - Embrapa		1:5.000.000	
Rodovias	Sig-Bahia, SRH - Der-Ba		1:1.000.000	
Localidades	Sig-Bahia, SRH		1:1.000.000	
Shape file das Unidades de Conservação	Inema e MMA	-	1:1.000.000	Localizar e dimensionar remanescentes de vegetação protegidos por legislação específica
Mapa das Áreas prioritárias para conservação	MMA	2007	1:1.000.000	
Mapas das Comunidades e Povos Tradicionais	MDA, INCRA e Projeto GeografAR/UFBA	2010	1:1.000.000	Localizar e dimensionar áreas especiais
Shape file das localidades	Cartas Topográficas do ????			Localizar povoados
População e Economia	Censo demográfico e agropecuário do IBGE. Estatística do Municípios Baianos/SEI	1970 a 2010	-	Analisar os principais aspectos relacionados às questões socioeconômicas municipais e regionais

Em relação às imagens de satélite foi preciso observar a disponibilidade e a aplicabilidade de cada sensor para o estudo da paisagem. Os satélites orbitais são um dos equipamentos de observação e de coleta de dados que têm contribuído de modo inquestionável para o conhecimento e monitoramento cada vez mais preciso da Terra, tanto da superfície quanto da sua atmosfera. Apesar de sua história relativamente recente — o primeiro a ser lançado foi o soviético *Sputnik*, em 1957 —, o avanço das tecnologias aeroespaciais tem sido muito rápido e existem cerca de 3500 satélites orbitando o planeta. Os mais importantes e em operação, segundo Rudorff e outros (2009), são:

- *Landsat*: teve início em 1972 e atualmente encontra-se operando o *Landsat-5* com o sensor Thematic Mapper (TM). O *Landsat-8* começou a operar em 30 de maio de 2013. Distribuição gratuita.
- O programa Earth Observing System (EOS) lançou, em 1999 e 2002, dois satélites: *Terra* (EOS-AM) e *Aqua* (EOS-PM). O Terra transporta o sensor MODIS (*MODerate resolution Imaging Spectroradiometer*) que possui 32 bandas espectrais, imageando no intervalo espectral de comprimento de onda de 0,4 a 14,4 micrômetros. A resolução espacial varia entre 250, 500 e 1000 metros, o que favorece estudos sinóticos e monitoramento temporal da paisagem. O MODIS alia moderada resolução espacial com alta resolução temporal (≈ 1 dia). Além das bandas espectrais, os dados disponibilizados por este sensor são pré-processados e oferecem produtos como índice de vegetação e temperatura, entre outros. Sua distribuição é gratuita. Os produtos MODIS são classificados, conforme Anderson et al., 2003, (Tabela 4.5):

Tabela 4.5 - Classificação dos produtos gerados pelo Sensor MODIS

Produtos relacionados ao balanço energético	
MOD 9	Reflectância de superfície
MOD 10 e 29	Balanço de energia global
MOD 11	Temperatura e emissividade de superfície
MOD 43	Reflectância bidirecional (albedo)
Produtos relacionados à vegetação	
MOD 13	Índice de vegetação para monitorar a atividade fotossintética em suporte à detecção de mudança e interpretações biofísicas e da fenologia:
	1. Índice de vegetação em imagens sem nuvens
	2. Maximiza a cobertura global e temperatura na resolução espacial mais fina possível
	3. Padroniza dados de acordo com a posição sol/sensor/alvo
	4. Assegura a qualidade e consistência dos dados
	5. Descreve e reconstitui dados de variações fenológicas
	6. Discrimina com precisão variações interanuais na vegetação
MOD 15	Índice de área foliar fração da radiação absorvida pela vegetação fotossinteticamente ativa
MOD 17	Fotossíntese líquida e produtividade primária líquida
Produtos relacionados à cobertura terrestre	
MOD 12	Cobertura da terra e mudanças no uso
MOD 14	Anomalias termais (fogo e queimadas)
MOD 44	Mudanças na cobertura da terra atribuída a atividades humanas e/ou eventos naturais extremos

Fonte: Anderson et al., 2003.

- A série CBERS resulta de uma parceria entre o Brasil e a China. O satélite *CBERS 3*, devido a falhas no lançamento, foi perdido. O *CBERS 4* foi lançado no dia 07.12.2014. Dispõe de uma câmera MUX, de 20 metros de resolução espacial, totalmente desenvolvida e produzida no Brasil. Distribuição gratuita.
- O RapidEye é constituído por cinco satélites, de caráter multiespectral, com imagens em cinco bandas: azul, verde, vermelho, *red-edge* e infravermelho próximo. Foram lançados em agosto de 2008, com sensores de resolução espacial de cinco metros, gravadas em 12

bits, nas bandas espectrais do visível até o infravermelho próximo. Esta configuração é ideal para medir as variações na vegetação e permitir avaliar e monitorar a biomassa verde, em escala de até 1:25.000 (Felix; Kazmierczak; Espindola, 2009, apud Passos, Teixeira & Silva, 2013). Para Costa e Franco (2013, p. 15) “o sistema RapidEye é único por oferecer soluções às mais diversas aplicações do Sensoriamento Remoto ligadas ao meio ambiente”. Comercializado.

- Os sensores — ALOS/PRISM, Japão; EROS (serie B), Israel; GeoEye-1, EUA; IKONOS II, EUA; QuickBird II e WorldView-2, EUA; — são de alta resolução espacial, porém comercializados a custos muito elevados.
- O INPE recebe, desde 1988, imagens dos satélites *SPOT 1*, 2 e 3, e desde 1999 imagens do *SPOT 4* (sensor HRVIR). Atualmente, as imagens do *SPOT* (inclusive *SPOT 5*) são comercializadas por organismos privados.
- O programa indiano teve início em 1988 com o lançamento do IRS-1A. O Brasil firmou acordo com a Índia em setembro de 2009 e desde então está capacitado a receber e distribuir imagens do território brasileiro captadas pelos sensores AWiFS e LISS-III, a bordo do *Resourcesat-1*. Comercializado.

Diante da gama de sistemas sensores orbitais em operação, contudo, considerando os custos e prazos para se obter os produtos gerados, optou-se por usar as cenas dos satélites Landsat e MODIS Terra, de distribuição gratuita, diretamente na rede internet, e RapidEye, disponível no acervo do Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente/PPGM-UEFS.

Para o estudo do relevo foram utilizados os dados da *Shuttle Radar Topography Mission*, missão aeroespacial realizada pela NASA em fevereiro de 2000, a bordo do ônibus espacial Endeavour, para imagear a superfície terrestre por um período de 11 dias. Para além de outros resultados, a missão produziu dados que permitiram elaborar o Modelo Digital de Elevação (MDE), ou do Terreno (MDT). Em 2008, o INPE, através do Projeto Topodata, interpolou as grades de altitude deste modelo refinando-o de 3 para 1 arco-segundo, sob formato de *Surfer grid*, o que possibilitou melhorar sua resolução espacial para dados do território brasileiro.

A Tabela 4.6 apresenta em detalhe os parâmetros técnicos de cada sensor e as datas das imagens utilizadas para o estudo da desertificação, tendo em vista, as transformações humanas, os remanescentes de vegetação, o relevo e as unidades geomorfológicas na RPGA-MC. A relação das cenas encontra-se nos Anexos VI, VII e VIII.

Tabela 4.6 - Datas e parâmetros técnicos dos sensores remotos selecionados para o estudo da desertificação na RPGA-MC

Sensor	Modis Terra	Landsat	RapidEye	MDT
Resolução espacial	250m	30m	5m	90 metros (reamostrado para 30m)
Bandas	Visível e infravermelho próximo	Visível e infravermelho próximo	Visível e infravermelho próximo	-
Fonte	Download site edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imsw/elcome	Download site http://www.dgi.inpe.br/CDSR/	Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia-SEI.	Projeto TopoData - INPE. Acesso: 22.11.2015

				Acervo do Programa de Pós-graduação Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente PPGM-UEFS	
Recorte temporal	Meses + chuvosos março e abril	2016 2011 2006 2001	1973 1990/92	2009	2008
	Meses - chuvosos agosto e setembro	2016 2011 2006 2001	2001 2016		
Aplicação na pesquisa		1.Confeccionar Mapas multitemporais dos Índices de Vegetação 2.Subsidiar análise multitemporal das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação	1.Confeccionar mapas multitemporais das Superfícies Transformadas e dos Remanescentes de Vegetação	1.Confeccionar o Mapa das Superfícies Transformadas e dos Remanescentes de Vegetação na escala de 1:100.000 2.Vetorizar áreas urbanas, povoados, represas e aguadas	1.Extrair dados p/ confeccionar os mapas de altitude, declividade, relevo sombreado, aspecto e curvas de nível 2.Elaborar morfometria do relevo 3.Confeccionar o Mapa das Unidades Geomorfológicas da RPGA-MC

4.4.2 Processamento Digital das Imagens

Uma vez tendo sido obtidas as imagens dos sensores remotos que recobrem a região, passou-se para a etapa de processamento digital, que envolveu técnicas para extrair as informações contidas nos dados registrados pelos respectivos sensores. Para tanto, as imagens foram pré-processadas para corrigir distorções geométricas, remover ruídos, calibrar radiometria e realçar o contraste dos alvos.

A técnica de classificação *não supervisionada* não foi utilizada tendo em vista a opção por *classificação controlada*, pois esta possibilita a participação efetiva do analista, cujos conhecimentos específicos da região em estudo favoreceram para um maior número de acertos na interpretação dos alvos. Em seguida, foram iniciados os processamentos de extração de informações e análise propriamente ditas, por meio da fotointerpretação e vetorização manual das feições de interesse para realizar os mapeamentos propostos.

Esta tese apresenta vários mapas originais, dentre os quais os multitemporais do Índice de Vegetação, o de Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação e o de Unidades Geomorfológicas, na escala de 1:100.000, elaborados por meio da fotointerpretação das imagens, utilizando o *software* ArcMap 10.3 do ArcGis e vetorização manual diretamente na tela do computador. Após concluída a vetorização das classes foi realizada a topologia,

transformação do arquivo *raster* para polígonos e calculadas as respectivas áreas dos polígonos. Os *layouts* finais foram realizados no *software* ArcMap 10.3 do ArcGis.

4.4.3 Modelagem espacial geoambiental

Para identificar os estados de degradação ambiental e os processos de desertificação na RPGA-MC foi realizada modelagem espacial geoambiental, em ambiente de Sistemas de Informações Georreferenciadas, a partir da integração de um conjunto de dados analisados nesta tese. Estes, resultam, em parte, dos estudos conduzidos e são, portanto, originais, e, em parte correspondem a dados secundários. A modelagem também objetivou identificar e espacializar as Unidades de Paisagem e as áreas desertificadas ou em processo de desertificação.

As ferramentas computacionais dos SIG permitem uma série de análises sobre a paisagem a partir da álgebra de mapas, que integra mapas diversos, ao contrário da clássica sobreposição, e permite ao analista elaborar inúmeras interpretações acerca da paisagem, inclusive hipóteses sobre dinâmica espacial.

Dentre as possibilidades apresentadas pela álgebra de mapas não cumulativa, a Inferência Geográfica *Fuzzy*, ou simplesmente Lógica *Fuzzy*, foi o método estatístico computacional adotado para integrar os mapas temáticos nesta tese, visto ser o mais adequado para os estudos socioambientais. Inúmeros trabalhos fazem referência a Burrough e McDonnell (1998), Cox (1994), Dangermond (1991), Goodchild (1987), e à tese de Katinsky *Fuzzy set modelling in Geographical Information Systems*, defendida em 1994, onde o autor, já àquela época, enfatizava que a lógica *fuzzy* é mais próxima do pensamento humano e da linguagem natural, portanto mais coerente e próxima à cognição humana.

Ao contrário do método booleano, os operadores estatísticos *fuzzy* consideram as transições e limites incertos entre paisagens dispares, principal requisito para discriminar as múltiplas condições ambientais existentes na natureza. Na atualidade é um método empregado em várias áreas da ciência, desde as geociências às ciências humanas, sociais, exatas, aplicadas e biológicas.

A Lógica Booleana não é das mais indicadas para uso com dados geográficos, sobretudo aqueles que tratam dos aspectos naturais da paisagem, porque considera apenas duas hipóteses, *sim* ou *não*, *pertence* ou *não pertence*, o que torna a delimitação dos conjuntos muita rígida e não admite as incertezas ou dúvidas, uma condição muito frequente nos estudos que tratam da dinâmica dos sistemas ambientais. Esta forma de pensamento lógico é bastante restritiva e empobrece a análise ambiental e socioambiental por não possibilitar que um mesmo elemento possa pertencer à mais de um conjunto simultaneamente, ou que possam existir contatos e transições graduais entre conjuntos diferentes.

Os fenômenos que participam dos sistemas ambientais, como as discontinuidades do relevo, dos solos e das coberturas vegetais, e, em parte, as transformações humanas, apresentam limites transicionais, descontínuos e incertos. De certa forma, flutuam no limiar das relações intrínsecas e extrínsecas de um dado conjunto “homogêneo” da paisagem, que reflete as múltiplas dinâmicas da natureza. O método *fuzzy* considera estes aspectos e aumenta a possibilidade de acerto na identificação das transições, possibilitando ao intérprete uma análise muito mais próxima à realidade.

A Lógica *Fuzzy* surgiu em 1965 com o artigo de Lofti Zadeh, “Fuzzy Sets”, mas desde a década de 1930 já haviam esforços no sentido de estabelecer o método *fuzzy*. É considerada como um conjunto de princípios matemáticos que representam o conhecimento e que está baseado no grau de pertinência dos termos, ou graus de verdade.

O intervalo de pertinência varia entre 0 e 1, onde 0 significa que um elemento, ou variável, não pertence a um determinado conjunto, ou seja, representa uma condição de *falsidade*, 1 significa completa pertinência ao conjunto, ou condição de *verdade*; valores entre 0 e 1 representam graus parciais de pertinência. Um elemento pertence a um conjunto com um certo grau de pertinência, fazendo com que uma determinada sentença possa ser parcialmente falsa e parcialmente verdadeira, enquanto, um mesmo elemento pode ter graus de pertinências diferentes de 0, para mais de um conjunto *fuzzy*.

Os mapas resultantes da integração *fuzzy* constituem uma superfície contínua à qual pode ser aplicada um limiar, limites transicionais, para a seleção de áreas mais vulneráveis ou menos vulneráveis, por exemplo, a determinados usos e ocupações da terra, condição favorável para que a interpretação e a tomada de decisão sejam mais flexíveis. Caberá ao intérprete ponderar e estabelecer, à luz do seu conhecimento, critérios de ajustes ou não.

Os conjuntos *fuzzy* são obtidos por meio de um par ordenado $(x, \mu(x))$, onde uma função de pertinência associa um valor $\mu(x)$ para cada valor (x) , que não precisa ser linear e pode assumir qualquer formato analítico ou arbitrário. Na inferência espacial existem vários operadores que possibilitam combinar diferentes mapas e gerar cenários.

Dentre os operadores *fuzzy*, optou-se nesta tese pelo *gamma*, que permite correlacionar mapas a partir da combinação entre a soma algébrica *fuzzy* e o produto algébrico *fuzzy* ajustado por um coeficiente *gamma* que representa o valor de pertinência *fuzzy* para cada mapa que será combinado. O operador *gamma* pode ser expresso pela função:

$$m = (\text{soma algébrica fuzzy})g \times (\text{produto algébrico fuzzy})1-y.$$

O valor da constante *g*, pode variar entre 0 e 1, sendo estes limites representativos, respectivamente, da dependência apenas da soma ou do produto algébrico *fuzzy* (Burrough, 1998). Ele se destaca pela possibilidade de controlar os valores de saída flexibilizando os resultados para não se obter nem um cenário otimista, nem tão pouco um cenário pessimista, que viesse a mascarar a realidade espacial do tema. Deste modo, para a integração dos dados, foi utilizada a constante 0,7.

Para cada classe discriminada nos mapas temáticos foi atribuído um valor de importância relativa, *member fuzzy*¹⁹, ou peso, para, a partir daí, realizar as modelagens espaciais, que se constituíram na síntese dos resultados obtidos ao longo desta tese. A partir destas modelagens foram vetorizados os mapas de Unidades de Paisagem, Capacidade de Suporte Ambiental e Áreas em Processo de Desertificação.

¹⁹ Os *member fuzzy* variam de 0 (zero) a 1.

4.4.4 Os trabalhos de campo

Os trabalhos de campo tiveram por objetivo observar, conhecer, interpretar e avaliar as paisagens na RPGA-MC, com ênfase nas feições ecológicas e antropomórficas mais recorrentes, para identificar dinâmicas geoambientais e socioambientais. Os dados obtidos contribuíram, de forma excepcional, para validar os mapas das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação e o Geomorfológico, bem como as análises estatísticas, os danos, as degradações ambientais e os processos de desertificação. Foram também imprescindíveis para compor o acervo fotográfico que ilustra os resultados alcançados.

As pesquisas na região tiveram início em períodos anteriores ao desta tese — 2009 — e, ao todo foram utilizados dados de 6 trabalhos de campo:

- Março de 2018; Outubro de 2017; Março de 2016; Agosto de 2013; Março de 2012; Novembro de 2009

A descrição da paisagem, a partir da observação direta de sua composição, considerou os tipos de rochas; solos; remanescentes de vegetação; as formas e distribuição espacial do relevo; os rios, riachos e canais efêmeros de escoamento; erosões e cicatrizes de erosão; zonas de acumulação; e superfícies transformadas, e/ou expostas, por atividades humanas. O contato com as populações rurais locais enriqueceu as descrições e ampliou o entendimento dos processos e dinâmicas dos sistemas de paisagens.

Os pontos amostrados nos trabalhos de campo (Figura 4.2) foram definidos tendo em vista os conhecimentos antecedentes e, em paralelo, buscou-se também contemplar as classes de mapeamento na intenção de validar e aperfeiçoar a designação dada a cada uma delas.

Planilhas foram utilizadas para organizar os dados levantados — número do ponto, coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) e altitude, tomadas com GPS (Sistema de Posicionamento Global). A descrição da paisagem foi anotada em caderneta à parte. Ao término de cada trabalho os dados eram inseridos no Banco de Dados da pesquisa e os pontos coletados e seus atributos lançados em shape file, procedimento que veio dirimir dúvidas e inconsistências.

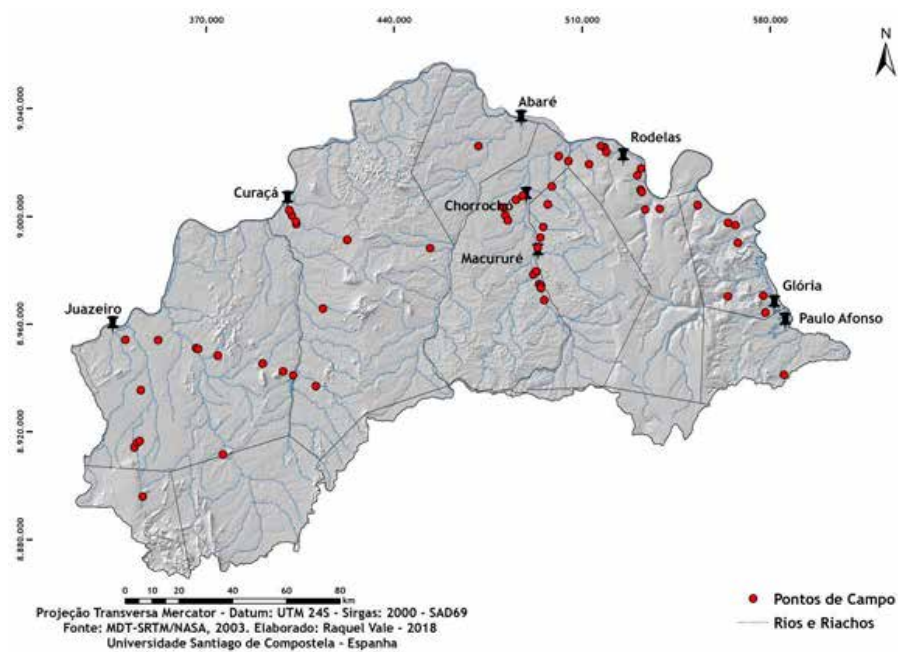


Figura 4.2. Trabalhos de Campo - pontos amostrados



5 RESULTADOS

Os sensores Landsat, Modis e RapidEye possuem parâmetros técnicos operacionais totalmente distintos, tendo sido necessário estabelecer critérios que atendessem às expectativas de dados que seriam obtidos por meio de fotointerpretação — índices de vegetação, análise multitemporal e mapeamento das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação. Concomitantemente, foram utilizados os estudos realizados sobre a questão climatológica do nordeste brasileiro e apresentados nesta tese no subcapítulo 3.2.3, que trata da caracterização do domínio morfoclimático semiárido.

Como comentado no terceiro capítulo, Barbosa, Huete & Baethgend (2006) analisaram o comportamento da vegetação no nordeste brasileiro, num período de 20 anos, por meio da avaliação do NDVI, e constataram que a abrangência espacial dos maiores índices ocorre entre abril e maio, quando a região passa pela estação chuvosa. Entre setembro e outubro, pico da estação seca, dominam amplas extensões com índices muito baixos. Os autores reafirmaram também, a partir destes resultados, que existe uma oscilação interanual de secas entre 7 e 8 anos. Estudos realizados por Gurgel (2003), Nobre et al. (2006); Molion & Bernardo (2002); Ferreira & Mello (2005), apresentados no mesmo capítulo, associam este ciclo de secas à ocorrência do El Niño, cujos estudos têm cada vez mais ratificado tal correlação.

Dados do Cptec/Inpe, acessados no sítio da instituição, sobre a ocorrência e a intensidade do El Niño desde 1877 possibilitaria realizar uma análise multitemporal bastante consistente. Porém, confrontá-los aos dados dos sensores remotos é possível apenas a partir da década de 1970, visto que estes instrumentos só começaram a disponibilizar maior volume de dados quando do lançamento do satélite Landsat, em 1972. Por tais motivos, o recorte temporal para os estudos propostos nesta tese é o ano de 1973, para imagens Landsat 1/MSS; 2015 para Landsat 8; 2001, 2006, 2011 e 2016, para a Modis; e 2009 para a RapidEye.

As estações meteorológicas da região nordeste da Bahia, cujos dados foram discutidos no subcapítulo 3.2.3, indicam que entre os meses de novembro e janeiro ocorre a estação chuvosa (78 a 148mm) e as maiores temperaturas (25,7°C a 28,5°C), enquanto que o período seco se estende de agosto a outubro (3 a 34mm). As temperaturas mais baixas ocorrem em junho e julho (19,8°C a 24,5°C). O Balanço Hídrico do Estado da Bahia (Bahia/SEI, 1999) apresenta uma série de dados climatológicos, os quais apontam que para a região nordeste as máximas precipitações mensais estão concentradas entre março e abril, e as mínimas entre agosto e setembro (Anexos I a V).

Os dados e informações contidos nestes trabalhos auxiliaram a definir critérios para a escolha das datas das cenas que melhor exibem as feições e a evolução dos processos de desertificação. Assim, os anos de El Niño e o período de incidência da estação seca são ideais para mapear a extensão das terras desnudas, com baixa densidade ou de cobertura vegetal em que a caducifolia atinge máxima intensidade. A estação chuvosa, por sua vez, é favorável para mapear a extensão das superfícies com maior adensamento da cobertura de vegetação e exuberância foliar do dossel, ápice dos processos fotossintéticos. Em ambos os casos, serão também mapeadas superfícies onde há persistência, ao longo da série temporal, dos índices de

vegetação mais elevados e dos menos elevados, o que permitirá avaliar o comportamento das expansões e retrações espaciais da vegetação.

Este conjunto de dados — influência do El Niño sobre a região nordeste do Brasil, disponibilidade de imagens de boa qualidade dos sensores Landsat, Modis e RapidEye, e os dados sobre a incidência das estações chuvosa e seca — possibilitou identificar os melhores períodos para o estudo da desertificação por meio das imagens produzidas por estes sensores (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Períodos ideais para o estudo da desertificação na RPGA-MC por meio das imagens produzidas por sensores remotos Landsat, Modis e RapidEye

Anos de El Niño forte ¹	Anos de El Niño moderado ¹	Anos de El Niño fraco ¹
1972 - 1973	1986 - 1988	1976 - 1977
1982 - 1983	1994 - 1995	1977 - 1978
1990 - 1993	2002 - 2003	1979 - 1980
1997 - 1998	-	2004 - 2005
2011 - 2012	-	2006 - 2007
2015 ²	-	2009 - 2010
Anos de seca ^{2,9}		1979/1984
		1990/1993
		1997/1998
		2000/2001
		2009/2010
		2011/2012
		2014/2015
Meses mais secos ^{6,8}		Agosto a setembro
Pico da estação seca ⁶		Setembro e outubro
Meses mais chuvosos ^{6,8}		Novembro a janeiro
Maiores NDVI ⁶		Abril e maio
Maiores temperaturas ⁸		Novembro a janeiro
Menores temperaturas ⁸		Junho e julho
Melhores datas	Período seco	Período chuvoso
	Agosto a outubro	Novembro a janeiro; abril e maio
	1972/1973 ⁴	1976/1977
	1982/1983	1977/1978
	1990/1993	1979/1980
	1997/1998	2004/2005
	2002/2003	2009/2010
	2009/2010 ⁵	2013/2014
	2015	Janeiro/fevereiro 2016 ⁷

Fonte:

¹ Cptec/INPE.

² Rêgo, 2012.

³ Organização Mundial de Meteorologia.

⁴ Aplicáveis somente ao sensor Landsat.

⁵ Aplicáveis somente ao sensor RapidEye.

⁶ Barbosa, Huete e Baethgend, 2006.

⁷ Chuvas abundantes (acima de 180mm) atingiram toda a região semiárida brasileira, decorrentes de vórtices ciclônicos em altos níveis da atmosfera, próximo à costa da Região Nordeste, à formação de um episódio da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) — o primeiro da temporada 2015/2016 — e à atuação de oscilações atmosféricas intrassazonais, que contribuíram para se contrapor aos efeitos do El Niño, (INPE, Cemadem). A previsão climática sazonal para os oceanos, anteriormente feita pelo INPE, indicava a persistência do El Niño no trimestre março-abril-maio de 2016, mas com tendência gradual de declínio até a neutralidade em meados de 2016.

⁸ Balanço hídrico do Estado da Bahia, 1999.

⁹ Leivas et al., 2014, 2013.

5.1 Análise multitemporal dos Índices de Vegetação

A cobertura vegetal que reveste a superfície das terras possui íntima relação com os processos degradacionais e com as dinâmicas da paisagem, seja do ponto de vista biológico, seja na perspectiva da formação dos solos e das feições dos modelados dos relevos. Maior ou menor recobrimento repercute diretamente na evolução bioresistástica ou resistástica das paisagens, em maior ou menor entropia dos seus processos formativos. Neste sentido, entendendo a natureza complexa da paisagem, tem-se que a desertificação é um processo que decorre de sua evolução e que maior resistasia ou máxima entropia estão na base deste processo. Discriminar e mensurar o *quantum* de vegetação que recobre determinado espaço é, pois, de fundamental importância na discussão e compreensão da desertificação.

O Índice de vegetação é obtido por meio das imagens de satélites orbitais e é um produto bastante utilizado para se quantificar a cobertura das terras, incluindo aí todo e qualquer tipo de cobertura, como cultivos, solo exposto, afloramentos, espelho d'água. É também importante âncora para discriminar e mapear tais coberturas. Tem por objetivo

[...] explorar a assinatura espectral da vegetação, especialmente nas regiões do visível e do infravermelho próximo (Rouse et al., 1974; Kauth & Thomas, 1976; Tucker, 1979; Jackson, 1983). [...] são relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar, além de minimizarem os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, que influenciam a resposta espectral das bandas dos sensores remotos. (Shimabukuro, Novo & Ponzoni, 1998, p. 1731).

Na região do visível a assinatura espectral da vegetação é devida à presença de pigmentos fotossinteticamente ativos como a clorofila e os carotenos, e no infravermelho próximo possui alta reflectância em função de sua estrutura celular (Novo, 2010; Jensen, 2009). A relação entre as bandas espectrais, ou índices de vegetação apontam a reflectância e a absorção da vegetação e auxiliam identificar diferentes conjuntos de vegetação. O Sensoriamento Remoto abriu, deste modo, amplas possibilidades para os estudos sobre as tipologias de coberturas da superfície terrestre, uma vez que parte da premissa que a radiação eletromagnética solar se comporta de modo diferenciado e específico sobre cada *alvo* atingido. Entender esse comportamento e estabelecer a razão entre as energias absorvidas e refletidas permite obter índices.

As variações espaciais e temporais nos índices de vegetação refletem o caráter climático predominante, o ecossistema, as propriedades do terreno e as propriedades físicas do solo (Singh et al., 2004). Existem diferentes índices propostos para a vegetação que buscam chegar a esse dado, conforme Ponzoni & Shimabukuro (2007):

1. *Índice de Vegetação da razão simples (Simple Ratio – SR)*
2. *Índice de Vegetação Perpendicular (Perpendicular Vegetation Index - PVI):*
Richardson e Wiegand (1977) propuseram este índice a partir da informação das bandas 5 (vermelho) e 7 (infravermelho próximo) do sensor MSS.
3. *Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI):*
As características do solo influenciam no espectro de radiação proveniente de dosséis vegetais esparsos, e, conseqüentemente, no cálculo dos índices de vegetação (Huete,

1988). Assim, em numerosos estudos o brilho do solo (principalmente em substratos de solos escuros) tem mostrado um aumento no valor de índices de vegetação como o SR (razão simples) e o NDVI. Por isso, no SAVI introduz-se uma constante “L” que tem a função de minimizar o efeito do solo no resultado final do índice.

4. *Índice de Vegetação Resistente a Atmosfera (Atmospherically Resistant Vegetation Index – ARVI):*

Este índice foi proposto e desenvolvido por Kaufman e Tanré (1992), para ser aplicado no sensoriamento remoto da vegetação no sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS - EOS) com o objetivo de reduzir a dependência do antigo NDVI 14 das condições atmosféricas.

5. *Índice Global de Monitoramento Ambiental (Global Environment Monitoring Index – GEMI):*

Concebido para minimizar a influência dos efeitos atmosféricos no valor final do índice.

6. *Índice de Vegetação Melhorado (Enhanced Vegetation Index – EVI):*

Foi desenvolvido para otimizar o sinal da vegetação, melhorando a sensibilidade de sua detecção em regiões com maiores densidades de biomassa, e para reduzir a influência do sinal do solo e da atmosfera sobre a resposta do dossel.

7. *Índice de Vegetação da diferença normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI):*

Rouse et al. (1973) normalizaram a razão simples para o intervalo de -1 a +1, propondo o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI). É um dos mais utilizados para indicar as características de crescimento das plantas e, indiretamente, as qualidades biofísicas específicas das áreas imageadas (Hill et al., 2008; Sumfleth & Düttmann, 2008). Jensen (2009) o considera apropriado para discriminar mudanças sazonais e interanuais na vegetação. Para alvos terrestres o limite inferior torna-se aproximadamente zero (0) e o limite superior aproximadamente 0,80.

O EVI e o NDVI, por seus parâmetros técnicos, mostram-se apropriados para serem utilizados nesta tese. A RPGA-MC encontra-se sob condições climáticas semiáridas de alta sazonalidade, com predomínio de caatingas arbóreo-arbustiva e parque, cujo dossel recobre parcialmente o solo, deixando-o exposto à radiação solar. Ademais, esta vegetação encontra-se bastante fragmentada por pastos e áreas agricultadas, muitas abandonadas, que acentuam os efeitos da reflexão do solo, que podem gerar erros na interpretação dos dados imageados, produzindo uma “falsa” diminuição no seu valor (Mulder et al., 2011).

Comparativamente, o NDVI é um índice sensível à quantidade de clorofila presente nas plantas e depende dos processos de fotossíntese, os quais derivam da radiação solar e do desenvolvimento das folhas, enquanto o EVI é mais sensível ao dossel e às variações da estrutura das plantas que compõem a vegetação. Deste modo, o uso dos dois índices pode ser bastante útil quando analisados simultaneamente e ambos têm apresentado bons resultados no monitoramento e estudo da vegetação, bem como da dinâmica das paisagens.

Deduz-se que os valores do EVI, assim como do NDVI, em regiões semiáridas, exibem uma ampla diversidade de dados, em função do estágio fenológico em que a vegetação se encontra. Acresce que o EVI, sendo mais sensível aos aspectos fenológicos da vegetação,

pode fornecer uma resposta mais próxima ao real estado de cobertura do solo, conforme constatado por Borges (2014) e Borges e Sano (2014a, 2014b).

A Embrapa fornece gratuitamente na rede internet o Banco de Produtos Modis, dentre os quais o NDVI e EVI aplicados às imagens MODIS Terra, para todo o período de operação deste sensor. Foram baixadas as imagens dos anos de 2016, 2011, 2006 e 2001, correspondentes aos períodos de máximas e mínimas precipitações mensais, e nas datas que melhor atendessem aos objetivos desta tese. O índice varia entre 0 (ausência de vegetação) e 1 (máxima densidade de vegetação).

As imagens foram abertas no ArcMap10 do ArcGis, onde o histograma dos dados foi avaliado para definir o número e os intervalos de classe — cinco intervalos para o NDVI e o EVI, separados por *quebras naturais*, uma vez que este método agrupa dados semelhantes e, ao mesmo tempo, valoriza a heterogeneidade entre as classes. Após analisar separadamente cada uma das imagens, em todas as datas selecionadas, foram fixados iguais intervalos para as estações chuvosa e seca para o NDVI e o EVI, para permitir uma análise comparativa, no recorte temporal adotado, 2016, 2011, 2006 e 2001, conforme Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Intervalos de classe utilizados para análise do NDVI e EVI - anos 2016, 2011, 2006, 2001

Modis Terra - NDVI – Estação Chuvosa 2016, 2011, 2006, 2001	Modis Terra - NDVI – Estação Seca 2016, 2011, 2006, 2001
-0,20 – 0,00	-0,20 – 0,00
0,01 – 0,44	0,01 – 0,26
0,45 – 0,55	0,27 – 0,34
0,56 – 0,68	0,35 – 0,48
0,69 – 0,99	0,49 – 0,90
Modis Terra - EVI – Estação Chuvosa 2016, 2011, 2006, 2001	Modis Terra - EVI – Estação Seca 2016, 2011, 2006, 2001
-0,19 – 0,00	-0,08 – 0,00
0,01 – 0,30	0,01 – 0,15
0,31 – 0,39	0,16 – 0,23
0,40 – 0,47	0,24 – 0,33
0,48 – 0,99	0,34 – 0,85

* Valores negativos correspondem a espelho d'água.

Uma vez tendo sido concluídos os mapas dos índices de vegetação foram calculadas as áreas de cada classe utilizando a ferramenta Arc toolbox do ArcMap10, seguindo as etapas de classificação; reprojeção do sistema de coordenadas, de GCS WGS_1984 para UTM; conversão dos arquivos *shapefiles raster* para polígono; e cálculo de áreas. Os dados obtidos permitiram realizar várias análises, gráficos, tabelas e mapas.

5.1.1 Comportamento interanual e sazonal do NDVI e do EVI

Os Mapas Multitemporais dos Índices de Vegetação na RPGA-MC foram elaborados para avaliar as mudanças na distribuição espacial da vegetação ao longo dos últimos 15 anos — de 2001 a 2016. Tendo em vista este objetivo, buscou-se localizar onde tais mudanças ocorreram, qual a dimensão espacial ou magnitude das mesmas, e inferir as causas ou fatores que as produziram. Para tanto, foram aplicados os índices NDVI e EVI às imagens do sensor MODIS Terra, em datas que consideraram as estações chuvosa e seca. A incidência do evento El Niño também subsidiou definir as datas das imagens para o estudo dos referidos índices (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Datas selecionadas para o estudo do NDVI e do EVI

Eventos climáticos	NDVI	
	Estação chuvosa NDVI - Datas	Estação seca NDVI - Datas
2001 - El Niño forte 1997/98 e seca em 2000 e 2001	22.03.2001	29.08.2001
2006 - El Niño fraco 2004/05	06.03.2006	29.08.2006
2011 - El Niño fraco 2009/10. Seca em 2009 e 2010	06.03.2011	29.08.2011
2016 - El Niño forte e seca em 2011/12 e 2014/15/16	05.03.2016	28.08.2016
	EVI	
2001 - El Niño forte 1997/98 e seca em 2000 e 2001	22.03.2001	29.08.2001
2006 - El Niño fraco 2004/05	06.03.2006	29.08.2006
2011 - Sem El Niño. Seca em 2009 e 2010	06.03.2011	29.08.2011
2016 - El Niño forte e seca em 2011/12 e 2014/15/16	05.03.2016	28.08.2016

O NDVI é um índice de vegetação amplamente utilizado para identificar e monitorar a desertificação. É sensível às características fenológicas e aos aspectos biofísicos da paisagem, principalmente as propriedades do solo e das formações superficiais — cor, umidade e textura. É também bastante apropriado para discriminar mudanças sazonais e interanuais na vegetação, como as que ocorrem nas regiões semiáridas, por ser muito suscetível aos pigmentos vegetais fotorreceptores, gerados no processo de fotossíntese. É um dos índices mais utilizados nos estudos sobre vegetação, dentre os quais, desertificação.

O EVI foi desenvolvido para otimizar o sinal da vegetação e, deste modo, melhorar sua detecção pelo sensor remoto em regiões com maiores densidades de biomassa. Por reduzir a influência do sinal do solo e da atmosfera sobre a resposta do dossel, detecta o sinal da vegetação, de forma mais precisa, eliminando os ruídos provocados por estes outros alvos. A maior sensibilidade do EVI à estrutura e à arquitetura do dossel, fisionomia das plantas e área foliar, torna-o especialmente favorável para aplicação em regiões sujeitas à alta sazonalidade. Sendo mais sensível pode fornecer uma resposta mais próxima à real condição da cobertura vegetal em regiões semiáridas, desnudas sazonalmente, não sofrendo influências expressivas da reflexão do solo. A opção por utilizar os dois índices deveu-se à necessidade de se analisar as respostas e avaliar a que melhor se adequa à região em estudo, cuja vegetação permanece por longos períodos parcial ou totalmente desfolhada. Neste caso, o EVI deverá oferecer resultados mais próximos às condições fotossintéticas da vegetação, visto sua melhor capacidade em detectar os pigmentos verdes.

As características biofísicas das regiões semiáridas em cada período sazonal e interanual, em função da ocorrência ou não do El Niño ou La Niña, e da incidência maior ou menor do período de secas ou chuvas, implicam na grande diversidade de sinais espectrais captados pelo sensor remoto. No período chuvoso, quando há rápida recomposição da estrutura foliar das plantas, com ampla proliferação de gramíneas e herbáceas, o recobrimento do solo alcança percentuais muito altos e pode, inclusive, vir a recobrir totalmente a superfície. Porém, passadas poucas semanas, a caducifolia retorna, mesmo naquelas espécies com maior grau de xeromorfia, e as plantas passam a perder a folhagem até desnudarem-se completamente. Podem permanecer dessa forma por meses ou anos e voltar a se desenvolver quando do retorno das chuvas. Mas nem sempre o rebrotamento ocorre frente a secas muito severas, e a planta virá a morrer.

Avaliar índices de vegetação a partir de imagens de sensores remotos requer cautela, pois existe uma enorme diversidade de fitofisionomias no semiárido — desde formações vegetais primárias a secundárias, cultivos e pastagens introduzidos pelo homem — que apresentam

também um comportamento espectral diverso. Assim, esse mosaico de plantas irá refletir, em diferentes comprimentos de ondas, a cada estação do ano, e a cada mudança interanual. Deste modo, os valores do índice de vegetação em regiões semiáridas possuem uma larga diversidade de dados, em função das condições climáticas e atmosféricas e do estágio fenológico em que as plantas se encontrem. A acentuada sazonalidade afeta cada espécie e impõe sofisticados mecanismos adaptativos às secas.

A caatinga é o principal tipo de vegetação na RPGA-MC e, assim como ocorre em toda extensão do semiárido brasileiro, a estação chuvosa exerce mudanças imediatas sobre ela, porém em níveis diferenciados em função do ciclo fenológico e propriedades xeromórficas de cada espécie. O estrato herbáceo ressurgue com vigor e rapidamente forma uma cobertura contínua no solo. As copas das árvores rebrotam e refazem o dossel, proporcionando sombreamento e menor evaporação, o que vem a retroalimentar positivamente as plantas. A floração e a frutificação, inertes no período seco, são rapidamente iniciadas e produzem acelerada dinâmica nos ciclos biológicos da flora e da fauna, esta, muito importante para os processos de polinização. Porém, devido às condições ambientais, o ritmo fenológico de cada espécie pode ocorrer em períodos não coincidentes, o que evidencia que esse comportamento da caatinga não é tão homogêneo e uniforme quanto parece, visto haver espécies perenifólias e outras que florescem ou frutificam durante a estação seca.

Tais aspectos evidenciam o quanto a caatinga é diversa e se constitui, de fato, em um mosaico multiespectral. No entanto, pela boa sensibilidade do NDVI e do EVI aos pigmentos da clorofila, foi possível discriminar intervalos de classe para os dados, observando-se valores, ou grupos de valores, mais recorrentes em cada período sazonal. O conhecimento prévio dos tipos de vegetação referenciados no subcapítulo 3.2.4, bem como, as descrições feitas nos levantamentos de campo, foram essenciais nessa etapa de tomada de decisão.

Uma questão que permeia a importância em se compreender o comportamento interanual e sazonal do índice de vegetação relaciona-se aos *habitats* geomorfológicos (Lobão & Vale, 2009). Estes espaços encontram-se circunscritos a formas de modelados que preservam condições favoráveis à formação de *habitats* diferenciados do seu entorno e, por vezes, com endemia biológica. Sob tais circunstâncias ocorre uma dinâmica fenológica específica que mantém a vegetação sadia e fotossinteticamente ativa por mais tempo, enquanto as demais perdem a folhagem tão logo se inicie a estação seca. São frequentes em regiões semiáridas e muitas vezes abrigam importantes bancos biogenéticos de grande valor para a diversidade biológica do bioma. Estão, deste modo, relacionados a refúgios ecológicos, constituindo-se em fonte de conservação da flora e da fauna.

Os cultivos irrigados que ocorrem ao longo de todo o ano na região foram reconhecidos sem nenhuma dificuldade. Por sua natureza espectral foram facilmente visualizados e sua identificação foi bastante precisa e segura. Ocupam todas as terras marginais ao rio São Francisco — planícies aluviais e seu entorno — bem como ao longo de rios e riachos da bacia do Curaçá. Ocorrem também no baixo curso do riacho Poção, na margem esquerda do baixo curso do rio Curaçá, no município de Juazeiro; e na borda de barlavento dos tabuleiros do Raso da Catarina, onde a agricultura familiar é bastante expressiva.

Com a intenção de demarcar alguns pontos-chave relativos a estas questões, foram considerados os diferentes mosaicos de caatinga e a agricultura, para parametrizar o que de

fato deveria orientar a delimitação das classes do NDVI e EVI. A partir daí foram definidos intervalos de classe para os índices de vegetação.

É importante reafirmar que, em todas as datas selecionadas, foram fixados iguais intervalos de classe para o NDVI e o EVI, para os períodos úmidos e secos, para permitir uma análise comparativa, no recorte temporal adotado — 2001, 2006, 2011 e 2016. Definidos estes parâmetros, chegou-se à delimitação temporal e sazonal dos intervalos de classe do NDVI, que na estação chuvosa variou entre -0,20 e 0,99 e na estação seca de -0,20 e 0,90; e do EVI, que na chuvosa variou entre -0,19 e 0,99 e na seca entre -0,08 e 0,85 (Tabela 5.2).

Os índices apresentaram, como esperado, distribuição espacial semelhante, mas os resultados se diferenciaram bastante quanto aos valores *mínimos* e *máximos* e quanto à dimensão areal de cada classe. É relevante o quanto a maior sensibilidade do EVI aos pigmentos verdes da clorofila registrou valores sempre mais baixos se comparados ao NDVI. Em consequência, todos os dados do EVI discriminaram grandes superfícies sob acentuada caducifolia — pouco vegetadas ou desnudas — recortando áreas bioativas de dimensões sempre muito inferiores. Avaliar tais discrepâncias exigiu ponderação, visto as particularidades de cada sensor, bem como os efeitos sazonais do clima sobre a vegetação e sobre as dinâmicas de uso das terras, que podem ampliar, reduzir ou abandonar temporariamente as áreas ocupadas.

5.1.2 A paisagem na estação chuvosa

A passagem da estação de chuvas sobre o nordeste semiárido é uma época de grande renovação, quando os sistemas ambientais reiniciam dinâmicas adormecidas e recompõem as paisagens. A vegetação é o melhor bioindicador dos processos colocados em curso, desde o início do brotamento das folhas, até as flores e frutos que eclodem por todo o sertão e retroalimentam todas as espécies vegetais. São mudanças muito rápidas e de grande impacto visual; acompanham os curtos períodos de chuva, aproveitam a maior umidade dos solos e do ar e alcançam plenamente todos os mecanismos da fenologia vegetal de cada espécie — umas mais rápidas do que outras, mas continuamente operantes. Estas condições são vitais para a conservação da fauna, da água e das populações que habitam as terras secas do sertão.

O NDVI do dia 22.03.2001 (Tabela 5.4 e Figura 5.1) mostrou claramente duas grandes áreas com índices muito baixos entre 0,01 - 0,55, que se estenderam por 12.235,35 km², 45,3% da área da RPGA-MC — quase a metade da região. Uma está localizada na bacia hidrográfica do rio Curaçá, e a outra na bacia do rio Macururé. Alguns remanescentes ciliares foram visualizados apenas na bacia do Curaçá. Para além destas grandes áreas existiram também outras menores na bacia do riacho Poção; no alto curso do riacho da Vargem e do rio Macururé; e fragmentos no setor leste. As superfícies vegetadas e foliadas, registradas entre 0,56 - 0,99, ocuparam todos os sistemas interfluviais, como as serras no sudoeste da região, os tabuleiros do Raso da Catarina, as serras do Frade, Massangano, Olhos D'Água, Escovão, Campinas, Periquito, e inúmeros morros, morrotes, serrotes e inselbergues. No conjunto atingiram 14.818,29 km², 54,2% da região.

O EVI do dia 22.03.2001 (Tabela 5.4 e Figura 5.2) apontou para uma situação de aridez severa, em que os menores índices, entre 0,01 - 0,39, alcançaram 19.553,06 km², 71,9% da região, afetando drasticamente as bacias dos rios Curaçá e Macururé, bem como as depressões

e bacias menores. Os setores mais vegetados, entre 0,40 - 0,99, ocorreram sobre relevos mais altos, em 7.500,96 km², apenas 27,6% da região.

O NDVI do dia 06.03.2006 (Tabela 5.5 e Figura 5.3) registrou a persistência das mesmas grandes superfícies com índices muito baixos, como verificado em 2001, mas com retração areal — passou de 45,3% em 2001 para 34,9% em 2006, cerca de 9.502,28 km². Consequentemente, as superfícies vegetadas e foliadas se ampliaram ao longo dos sistemas interfluviais, no barlavento dos tabuleiros e em fragmentos no leste da RPGA-MC — de 54,2% em 2001 para 64,5% em 2006, 17.528,62 km².

O EVI do dia 06.03.2006 (Tabela 5.5 e Figura 5.4) registrou os índices mais baixos, entre 0,01 - 0,39, em 15.704,78 km², 57,8% da região, e os maiores, 0,40 - 0,99, em 11.325,93 km², 41,6%, o que aponta para a ocorrência de melhores condições hídricas em relação a 2001, visto a ampliação das áreas mais vegetadas.

O NDVI do dia 06.03.2011 (Tabela 5.6 e Figura 5.5) foi semelhante aos registros de 2006. A folhagem sadia e verde, predominante, derivou valores elevados nos índices de vegetação. Grandes áreas interfluviais no centro e oeste da região e depressões adjacentes, com 17.222,87 km², 63,3% da região, exibiram valores de NDVI entre 0,56 - 0,99. Este resultado demonstra melhor qualidade ambiental para grande parte da RPGA-MC, onde apenas os setores de médio e baixo curso das bacias hidrográficas não foram atingidos por tal condição e seguiram com os mais baixos valores regionais, mantendo-se mais secos — 9.803,43 km² 36,1%.

O EVI do dia 06.03.2011 (Tabela 5.6 e Figura 5.6) apresentou valores menos otimistas do que o de março de 2006. Os índices mais elevados ocorreram somente sobre os sistemas interfluviais no oeste e centro da RPGA-MC, porém, com menores extensões territoriais, somando 13.995,51 km², 51,46%. Os espaços onde mais se evidenciaram tal condição foram nos tabuleiros e superfícies de barlavento. Acompanhando este cenário tem-se que as áreas com índices muito baixos foram ampliadas nas bacias do Curaçá, Macururé e alto curso do riacho da Vargem, chegando a 13.032,10 km², 47,94% da região.

As condições verificadas na imagem do dia 05.03.2016, que, em tese, revelariam a normalidade do período chuvoso, em ambos os índices, revelam, de fato, o grau de aridez e de rusticidade a que a região foi submetida nos anos precedentes. Quando as chuvas declinam no período chuvoso, tal como aconteceu, os cenários elaborados durante a estação seca precedente são severamente aprofundados, e não há suficiência hídrica para recompor a vegetação. Os dosséis não se recuperam, ou, quando isto ocorre, é pouco significativo.

Esta situação fica clara no NDVI do dia 05.03.2016 (Tabela 5.7 e Figura 5.7), que registrou vegetação verde, com índices entre 0,56 - 0,99, somente em 9.410,30 km², 34,6% da região, sobre superfícies restritas e fragmentadas dos sistemas interfluviais, no barlavento dos tabuleiros e em parte da Estação Ecológica do Raso da Catarina. Grandes extensões das bacias do Curaçá, Macururé, Poção e no alto curso do Vargem e Baixa do Chico, bem como no leste da RPGA-MC, 17.584,40 km², 64,7% das terras, apresentaram índices muito baixos, entre 0,01 - 0,55. Ressalta-se que valores intermediários, entre 0,45 - 0,55, foram significativos nesta imagem e espalharam-se de forma difusa em toda a região, com incidência sobre depressões, vales, encostas e topos.

O EVI do dia 05.03.2016 (Tabela 5.7 e Figura 5.8) indicou uma conjuntura hídrica muito mais severa, onde os valores mais elevados, entre 0,40 - 0,99, estiveram extremamente restritos a fragmentos isolados e dispersos nos sistemas interfluviais e serras do sudoeste, 6.832,75 km², 25,1% da região. Os mais baixos, entre 0,01 - 0,39, ocorreram na bacia do Curaçá, Macururé, Poção, no alto curso da Vargem e Baixa do Chico, no leste da RPGA-MC e em todos as superfícies basais e encostas dos relevos, afetando 19.837,27 km², 73% da região.

Tabela 5.4 - Os índices de vegetação no dia 22 de março de 2001

NDVI			EVI		
Índice	Localização	Área (km ² - %)	Índice	Localização	Área (km ² - %)
-0,20 - 0,0	-	138,51 0,5	-0,19 - 0,0	-	138,41 0,5
<i>Total parcial</i>		138,51 0,5	<i>Total parcial</i>		138,41 0,5
0,01 - 0,44	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH Poção 4.Alto curso Vargem e Macururé 5.Fragmentos no leste da RPGA-MC	5340,07 20,0	0,01 - 0,30	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH Poção 4.Alto curso Vargem e Macururé 5.Fragmentos no leste da RPGA-MC 6.Fragmentos nos tabuleiros	9596,88 35,3
0,45 - 0,55	1.BH Poção 2.Alto curso Vargem e Macururé 3.Leste da RPGA-MC	6895,28 25,3	0,31 - 0,39	1.Sistemas interfluviais 2.Serras do sudoeste 3.Setor basal dos relevos e encostas 4.Alto curso Vargem, Curaçá e Macururé	9956,18 36,6
<i>Total parcial</i>		12235,35 45,3	<i>Total parcial</i>		19553,06 71,9
0,56 - 0,68	1.Sistemas interfluviais	9094,48 33,2	0,40 - 0,47	1.Fragmentos nos sistemas interfluviais 3.Fragmentos na Estação Ecológica do Raso da Catarina 4.Fragmentos na Serras do sudoeste	5061,79 18,6
0,69 - 0,99	1.Sistemas interfluviais 2.Serras do sudoeste	5723,81 21,0	0,48 - 0,99	1.Fragmentos nos sistemas interfluviais no norte da RPGA-MC 3.Fragmentos na Estação Ecológica do Raso da Catarina 4.Fragmentos na Serras do sudoeste	2439,17 9,0
<i>Total parcial</i>		14818,29 54,2	<i>Total parcial</i>		7500,96 27,6
Total		54584,3	Total		54584,86

Tabela 5.5 - Os índices de vegetação no dia 6 de março de 2006

NDVI			EVI		
Índice	Localização	Área (km ² - %)	Índice	Localização	Área (km ² - %)
-0,20 - 0,0	-	161,89 0,6	-0,19 - 0,0	-	161,66 0,6
<i>Total parcial</i>		161,89 0,6	<i>Total parcial</i>		161,66 0,6
0,01 - 0,44	1.BH Curaçá 2.BH Macururé	4146,54	0,01 - 0,30	1.BH Curaçá 2.BH Macururé	5919,99

	3.BH Poção 4.Alto curso Vargem	15,2		3.BH Poção 4.Alto curso Vargem	21,8
0,45 - 0,55	1.Setor basal dos relevos e encostas 2.Alto curso Curaçá e Poção	5355,74 19,7	0,31 - 0,39	1.Setor basal dos relevos e encostas 2.Alto curso Curaçá e Poção. 3.No leste da RPGA-MC 4.Estação Ecológica do Raso da Catarina 5.Tabuleiros 6.Serras do sudoeste	9784,79 36,0
<i>Total parcial</i>		9502,28 34,9	<i>Total parcial</i>		15704,78 57,8
0,56 - 0,68	1.Sistemas interfluviais 2.Barlavento dos tabuleiros 3.Estação Ecológica do Raso da Catarina 4.Serras do sudoeste 5.Alto curso Poção, Curaçá, Vargem, Macururé e Baixa do Chico 8.No leste da RPGA-MC	10557,76 38,8	0,40 - 0,47	1.Fragmentos dos sistemas interfluviais 2.Estação Ecológica do Raso da Catarina 3.Fragmentos na Serras do sudoeste	6733,06 24,8
0,69 - 0,99	1.Sistemas interfluviais 2.Barlavento dos tabuleiros 3.Estação Ecológica do Raso da Catarina 4.Serras do sudoeste 5.Alto curso Poção, Curaçá, Vargem, Macururé e Baixa do Chico 8.No leste da RPGA-MC	6970,86 25,7	0,48 - 0,99	1.Sistemas interfluviais no centro da RPGA-MC 2.Serras do sudoeste	4592,87 16,8
<i>Total parcial</i>		17528,62 64,5	<i>Total parcial</i>		11325,93 41,6
Total		54585,58	Total		54584,74

Tabela 5.6 - Os índices de vegetação no dia 6 de março de 2011

NDVI			EVI		
Índice	Localização	Área (km ² - %)	Índice	Localização	Área (km ² - %)
-0,20 - 0,0	-	166,29 0,6	-0,19 - 0,0	-	165,08 0,6
<i>Total parcial</i>		166,29 0,6	<i>Total parcial</i>		165,08 0,6
0,01 - 0,44	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH Poção 4.Alto curso Vargem	4257,08 15,7	0,01 - 0,30	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.Alto curso Vargem	5405,28 19,88
0,45 - 0,55	1.Setor basal dos relevos e encostas 2.Alto curso Curaçá e Poção	5546,35 20,4	0,31 - 0,39	1.No leste da RPGA-MC 2.Setor basal dos relevos e encostas 3.Sotavento dos tabuleiros	7626,82 28,06
<i>Total parcial</i>		9803,43 36,1	<i>Total parcial</i>		13032,1 47,94
0,56 - 0,68	1.Sistemas interfluviais 2.Barlavento dos tabuleiros	9850,81 36,2	0,40 - 0,47	1.Sistemas interfluviais 2.Estação Ecológica do Raso da Catarina	7595,81 27,93

	3.Estação Ecológica do Raso da Catarina 4.Serras do sudoeste 5.Alto curso Poção, Curaçá, Vargem, Macururé e Baixa do Chico 8.No leste da RPGA-MC			3.Tabuleiros 4.Fragmentos sotavento dos tabuleiros	
0,69 - 0,99	1.Sistemas interfluviais 2.Barlavento dos tabuleiros 3.Estação Ecológica do Raso da Catarina 4.Serras do sudoeste 5.Alto curso Poção, Curaçá, Vargem, Macururé e Baixa do Chico 8.No leste da RPGA-MC	7372,06 27,1	0,48 - 0,99	1.Sistemas interfluviais no oeste e centro da RPGA-MC 2.Serras do sudoeste	6399,70 23,53
<i>Total parcial</i>		17222,87 63,3	<i>Total parcial</i>		13995,51 51,46
Total		54585,18	Total		54585,38

Tabela 5.7 - Os índices de vegetação no dia 5 de março de 2016

NDVI			EVI		
Índice	Localização	Área (km ² - %)	Índice	Localização	Área (km ² - %)
-0,20 - 0,0	-	197,00 0,7	-0,19 - 0,0	-	522,45 1,9
<i>Total parcial</i>		197,00 0,7	<i>Total parcial</i>		522,45 1,9
0,01 - 0,44	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH Poção 4.Alto curso Vargem e Baixa do Chico 6.No leste da RPGA-MC	7393,49 27,2	0,01 - 0,30	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH Poção 4.Alto curso Vargem e Baixa do Chico 6. No leste da RPGA-MC	8912,57 32,8
0,45 - 0,55	1.Alto curso Poção, Curaçá, Vargem, Macururé e Baixa do Chico 2.Setor basal dos relevos e encostas	10190,91 37,5	0,31 - 0,39	1.Alto curso Poção, Curaçá, Vargem, Macururé e Baixa do Chico 2.Setor basal dos relevos e encostas	10924,70 40,2
<i>Total parcial</i>		17584,40 64,7	<i>Total parcial</i>		19837,27 73,0
0,56 - 0,68	1.Sistemas interfluviais 2.Barlavento dos tabuleiros 3.Estação Ecológica do Raso da Catarina	7529,31 27,7	0,40 - 0,47	1.Fragmentos nos sistemas interfluviais 2.Fragmentos na Serras do sudoeste	4895,09 18,0
0,69 - 0,99	1.Sistemas interfluviais 2.Serras do sudoeste	1880,99 6,9	0,48 - 0,99	1.Fragmentos nos sistemas interfluviais no centro da RPGA-MC 2.Fragmentos nos tabuleiros	1937,66 7,1
<i>Total parcial</i>		9410,30 34,6	<i>Total parcial</i>		6832,75 25,1
Total		54583,40	Total		54584,94

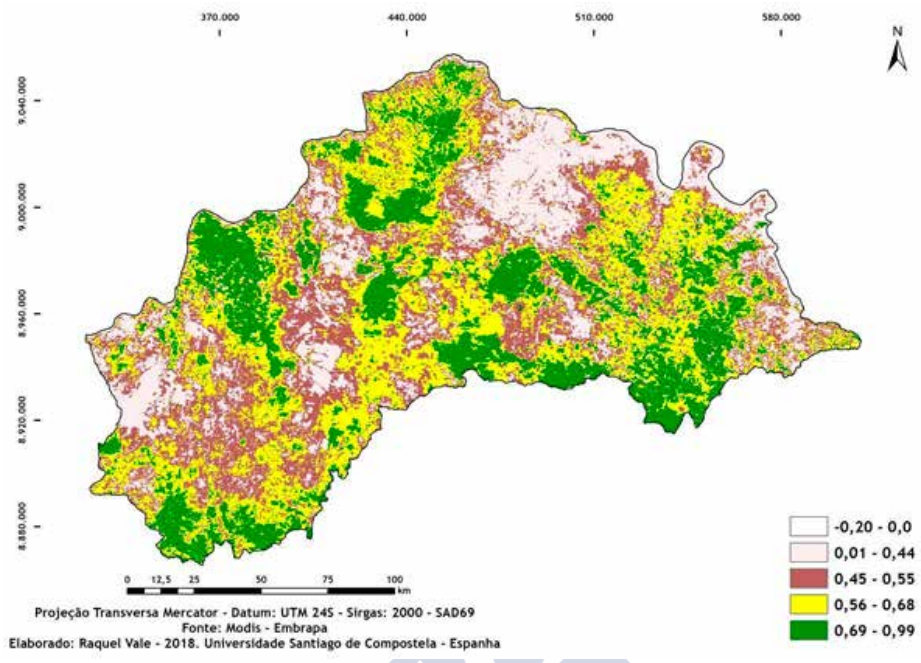


Figura 5.1. Mapa do NDVI no dia 22 de março de 2001

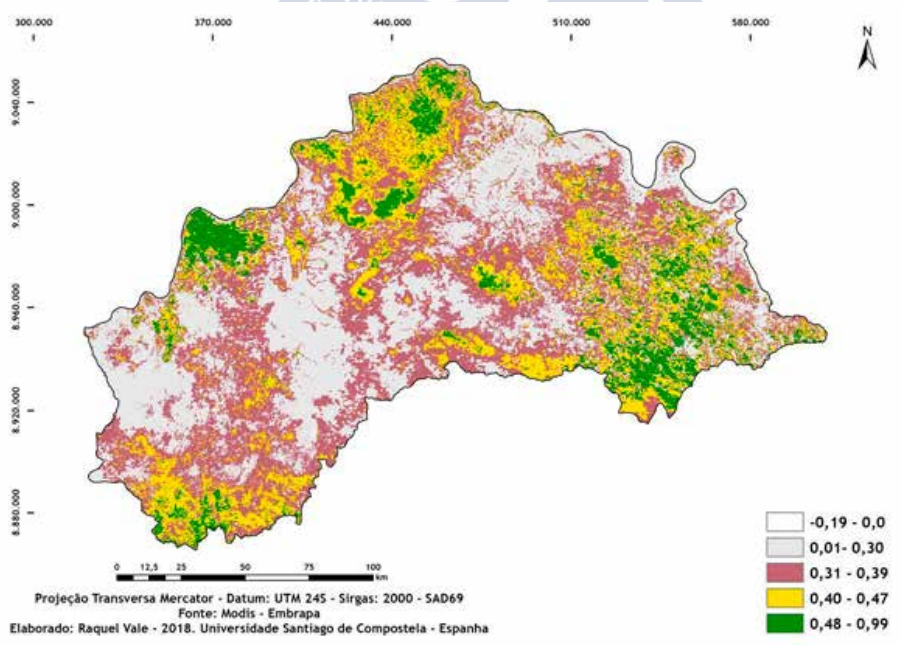


Figura 5.2. Mapa do EVI no dia 22 de março de 2001

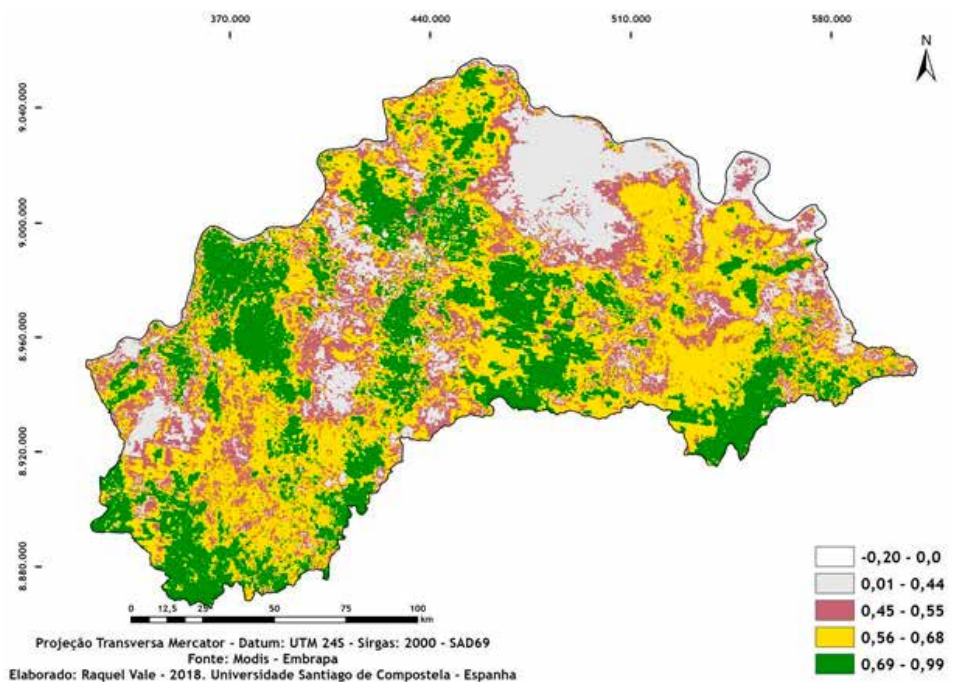


Figura 5.3. Mapa do NDVI no dia 06 de março de 2006

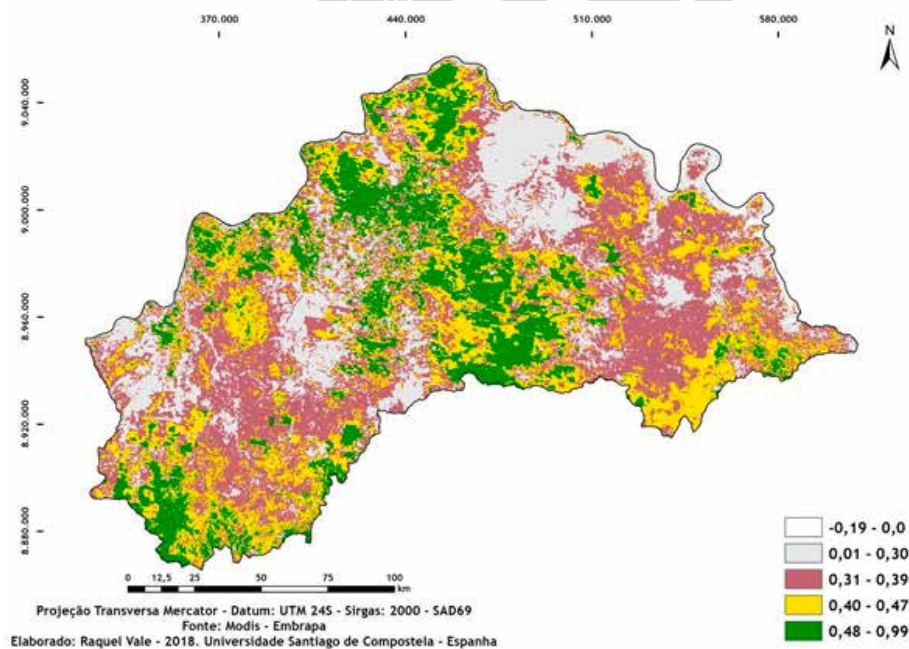


Figura 5.4. Mapa do EVI no dia 06 de março de 2006

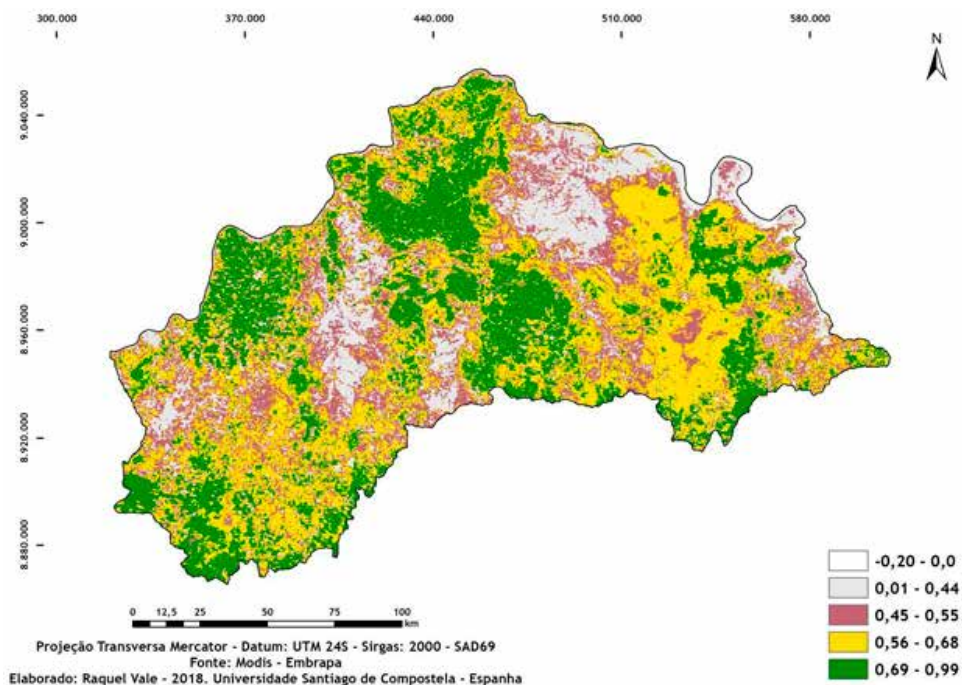


Figura 5.5. Mapa do NDVI no dia 06 de março de 2011

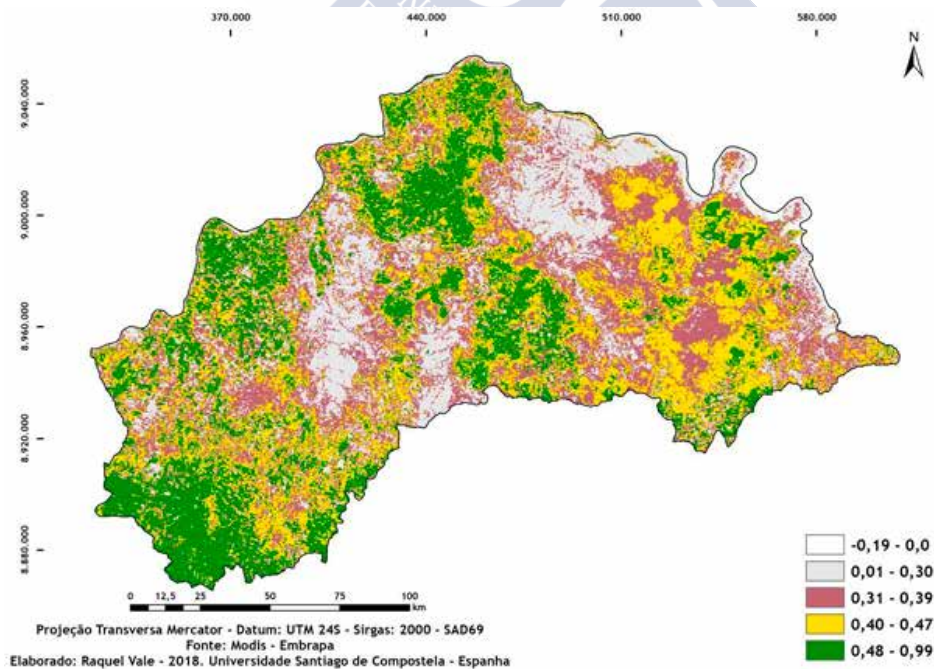


Figura 5.6. Mapa do EVI no dia 06 de março de 2011

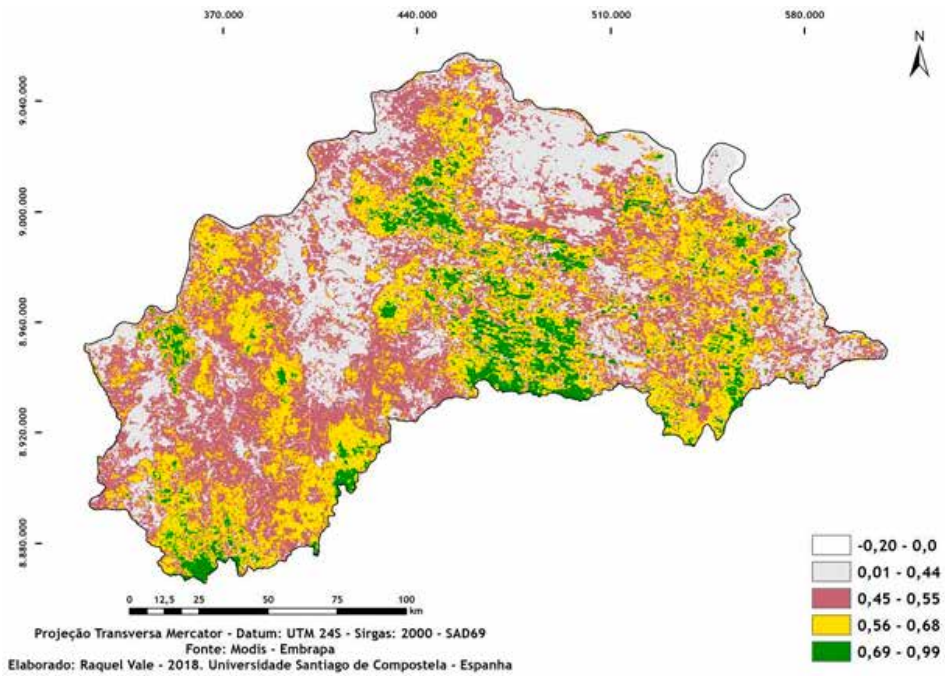


Figura 5.7. Mapa do NDVI no dia 05 de março de 2016

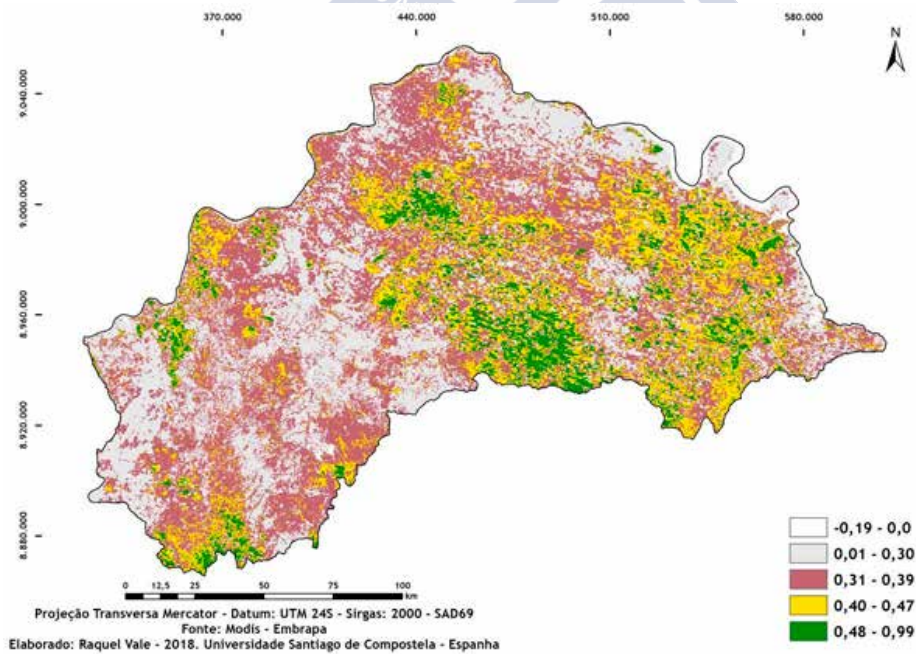


Figura 5.8. Mapa do EVI no dia 05 de março de 2016

5.1.3 A paisagem na estação seca

A estação seca nos sertões semiáridos, onde a insuficiência hídrica atinge seus níveis mais severos, repercute em cenários de extrema aridez e rusticidade das paisagens. Os baixos índices de umidade do ar e dos solos, com aprofundamento dos lençóis freáticos, resultam na ausência de recarga de nascentes e leitos fluviais, com reflexos profundos sobre a vegetação.

Os mecanismos xeromórficos atuam ao extremo e produzem a perda foliar dos dosséis, desaparecimento das herbáceas e de todas as gramíneas, fazendo com que os processos de dormência vegetativa atuem no sentido de minimizar ao máximo a perda de água. Os efeitos são danosos, estressam a vegetação e parte da cobertura vegetal não irá se recompor quando da chegada das chuvas, podendo desaparecer — inclusive as espécies arbóreas mais resistentes. A continuidade deste contexto conduz ao lento empobrecimento das espécies vegetais. No entanto, ao longo das drenagens subsistem capões de caatinga florestada, mesmo no auge da estação seca, inclusive nas depressões, setores mais secos da região. Os registros mais notáveis ocorrem na depressão do Macururé.

Diante disto — total ou parcial recobrimento do solo pela folhagem e dossel — as interferências da reflexão do solo foram acentuadas, como demonstram os índices de vegetação. A extensão ampliada das superfícies com valores baixos foi notável, sobretudo nas depressões que abrigam as bacias hidrográficas, que, quanto mais à jusante, apresentaram-se mais secas.

O NDVI do dia 29.08.2001 (Tabela 5.8 e Figura 5.9) apresentou índices muito baixos, entre 0,01 - 0,34, registrados em toda a região. Atingiram as bacias dos rios Curaçá, Macururé, Poção e Vargem, assim como o sotavento dos tabuleiros, este, nitidamente demarcado. O entorno dessas depressões e sua extensão para as encostas e topos dos sistemas interfluviais, sotavento e parte dos topos dos tabuleiros, e todo o leste da RPGA-MC, também foram afetados. Estas superfícies somaram 22.153,49 km², ou 81,4% da região. Pontualmente, parte dos interflúvios apresentaram fragmentos com índices entre 0,35 - 0,90, com destaque para a serras do sudoeste e a porção de barlavento dos tabuleiros — 4.802,49 km², ou cerca de 17,7%.

O EVI do dia 29.08.2001 (Tabela 5.8 e Figura 5.10), por seu turno, mostrou um cenário onde a aridez e seus reflexos sobre a vegetação foram extremamente acentuados. Quase a totalidade da RPGA-MC apresentou índices muito baixos, entre 0,01 - 0,23 — 24.625,96 km², 90,5% de áreas afetadas. O alto curso do rio Curaçá e riachos Poção e Vargem, os topos e sotavento dos tabuleiros, bem como todo o leste da RPGA-MC apresentaram índices igualmente baixos. As únicas exceções ocorreram em pequenas porções no barlavento dos tabuleiros e em fragmentos da serras do sudoeste da região, que registraram valores entre 0,24 - 0,85, apenas 2.331,32 km², 8,6% da região.

O NDVI do dia 29.08.2006 (Tabela 5.9 e Figura 5.11) evidenciou a recomposição da vegetação, em relação a 2001. Apesar de pouco expressiva, foi importante e se refletiu na extensão areal dos índices. Os piores índices, entre 0,01 - 0,34, persistiram nas bacias do Curaçá, Macururé, Poção e Vargem, atingindo áreas muito grandes. Porém, o alto curso e sistemas interfluviais, e o sotavento dos tabuleiros, apresentaram valores um pouco melhores. Estas áreas chegaram a 18.247,24 km², 67,1%. Alguns fragmentos nos sistemas interfluviais e

nos tabuleiros e a seu barlavento, bem como no leste da RPGA-MC, exibiram índices mais elevados, entre 0,35 - 0,90 — 8.695,30 km², 32,0%.

O EVI do dia 29.08.2006 (Tabela 5.9 e Figura 5.12) apresentou características que não ocorreram em nenhum dos demais dados avaliados — o predomínio de índices entre 0,16 - 0,23 sobre o alto curso do riacho Poção, bacias do Curaçá, Vargem e Macururé, nos sistemas interfluviais no centro da RPGA-MC, e no sotavento e topos dos tabuleiros. Deste modo, a grande superfície que apresentou os mais baixos valores na imagem de 2001, entre 0,01 - 0,15, foi reduzida e se restringiu às depressões das bacias do Poção e do Curaçá. Estas áreas equivalem a 22.126,23 km², 81,3% da região. Em fragmentos das serras do sudoeste, barlavento dos tabuleiros e no leste da RPGA-MC registraram-se os valores mais elevados, entre 0,24 - 0,85, que ocorreram em 4.815,94 km², 17,8% da região.

O NDVI do dia 29.08.2011 (Tabela 5.10 e Figura 5.13) apresentou grande parte das bacias dos rios Curaçá, Macururé, Poção e Vargem, inclusive no alto curso, com valores muito baixos, entre 0,01 - 0,34. Os sistemas interfluviais, as superfícies no sotavento dos tabuleiros, o alto curso do Poção e Curaçá, e fragmentos no leste da RPGA-MC, também foram afetadas. Todas estas superfícies se estenderam por 21.784,05 km², 80,0% da região. Os topos apresentaram situação relativamente mais favorável, 0,35 - 0,90, com extensões maiores no barlavento dos tabuleiros, e em fragmentos no barlavento dos tabuleiros, serras do sudoeste e leste da RPGA-MC, que somaram 5.174,75 km², 19,1% da região.

O EVI do dia 29.08.2011 (Tabela 5.10 e Figura 5.14) evidenciou uma extensa e contínua superfície com os menores índices de vegetação, entre 0,01 - 0,23, dominante nas bacias do Poção, Curaçá, Vargem e Macururé. Incidiram inclusive sobre os divisores de água, que em certos espaços apresentaram valores um pouco maiores, no alto curso do Poção e Curaçá, serras do sudoeste, tabuleiros e no leste. Esta grande região somou 24.680,92 km², 90,7%, quase todo o território da RPGA-MC. Espaços muito restritos, 2.278,66 km², exíguos 8,4%, localizados no barlavento dos tabuleiros e nas serras do sudoeste foram os únicos onde se registraram índices mais elevados, entre 0,24 - 0,85.

O NDVI do dia 28.08.2016 (Tabela 5.11 e Figura 5.15) mostrou um cenário bastante negativo, do ponto de vista da cobertura vegetal, cujos dados mostram que a situação ocorrida em 2011 foi agudizada. Amplas áreas das bacias do Curaçá, Macururé, Poção, Vargem e setores dos interflúvios exibiram índices muito baixos, entre 0,01 - 0,34. Sobre pequenos fragmentos no oeste e no leste da RPGA-MC, serras do sudoeste, barlavento e topos dos tabuleiros, e sistemas interfluviais, registraram valores também muito baixos, que no total chegaram a 21.951,87 km², 80,8% da região. Em alguns setores fragmentados destes relevos incidiram os valores mais elevados, entre 0,35 - 0,90 — 5.045,47 km², 18,5%.

O EVI do dia 28.08.2016 (Tabela 5.11 e Figura 5.16) mostrou um cenário muito mais crítico. Cerca de 90,5% da região, 24.658,72 km², exibiu índices muito baixos, entre 0,01 - 0,23, que formaram uma única grande superfície coalescente, interrompida ocasionalmente, por valores um pouco maiores, mas de pouca ou nenhuma expressão biológica e hídrica. Os processos de caducifolia tornaram-se ainda mais severos. Importante destacar que sobre os tabuleiros e no leste da RPGA-MC esta configuração foi um pouco melhor, sobretudo no barlavento dos tabuleiros, em que os índices alcançaram valores entre 0,24 - 0,85 — 2.338,85 km², 8,8%.

Tabela 5.8 - Os índices de vegetação no dia 29 de agosto de 2001

NDVI			EVI		
Índice	Localização	Área (km ² - %)	Índice	Localização	Área (km ² - %)
-0,20 - 0,0	-	236,51 0,9	-0,08 - 0,0	-	235,69 0,9
Total parcial		236,51 0,9	Total parcial		235,69 0,9
0,01 - 0,26	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH riacho Poção 4.BH riacho Vargem 5.Sotavento dos tabuleiros	12651,08 46,5	0,01 - 0,15	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH riacho Poção 4.BH riacho Vargem 5.Sistemas interfluviais 6.Sotavento dos tabuleiros	17150,01 63,0
0,27 - 0,34	1.Alto curso Curaçá, Vargem e Poção 2.Sistemas interfluviais 3.Tabuleiros 4.Sotavento dos tabuleiros 5.No leste da RPGA-MC	9502,41 34,9	0,16 - 0,23	1.Alto curso Poção, Curaçá e Vargem 2.Tabuleiros 3.Sotavento dos tabuleiros 4.No leste da RPGA-MC	7475,98 27,5
Total parcial		22153,49 81,4	Total parcial		24625,96 90,5
0,35 - 0,48	1.Fragmentos na Serras do sudoeste 2.Fragmentos sistemas interfluviais 3.Fragmentos barlavento dos tabuleiros 4.Fragmentos tabuleiros 5.Fragmentos no leste da RPGA-MC	3948,71 14,5	0,24 - 0,33	1.Barlavento do tabuleiros 2.Fragmentos no leste da RPGA-MC	2014,62 7,4
0,49 - 0,90	1.Fragmentos barlavento dos tabuleiros 2.Fragmentos na Serras do sudoeste 3. Fragmentos no leste da RPGA-MC	853,78 3,1	0,34 - 0,85	1.Fragmentos no leste da RPGA-MC 2.Fragmentos na Serras do sudoeste	316,70 1,2
Total parcial		4802,49 17,7	Total parcial		2331,32 8,6
Total		54584,88	Total		27192,97

Tabela 5.9 - Os índices de vegetação no dia 29 de agosto de 2006

NDVI			EVI		
Índice	Localização	Área (km ² - %)	Índice	Localização	Área (km ² - %)
-0,20 - 0,0	-	250,89 0,9	-0,08 - 0,0	-	250,69 0,9
Total parcial		250,89 0,9	Total parcial		250,69 0,9
0,01 - 0,26	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH Poção 4.Fragmentos BH Vargem	8129,14 29,9	0,01 - 0,15	1.BH Curaçá 2.BH Poção 3.Fragmentos BH Macururé	8652,87 31,8
0,27 - 0,34	1.Alto curso Curaçá, Macururé, Poção e Vargem 2.Sistemas interfluviais	10118,10 37,2	0,16 - 0,23	1.Alto curso do Poção, BH Curaçá, Vargem e Macururé 2. Sistemas interfluviais	13473,36 49,5

	3.Sotavento dos tabuleiros			no centro da RPGA-MC 3.Tabuleiros 4.Sotavento dos tabuleiros	
<i>Total parcial</i>		18247,24	<i>Total parcial</i>		22126,23
		67,1			81,3
0,35 - 0,48	1.Fragmentos sistemas interfluviais 2.Tabuleiros	5965,75 22,0	0,24 - 0,33	1.Serras do sudoeste 2.Barlavento dos tabuleiros 3.No leste da RPGA-MC	2847,14 10,5
0,49 - 0,90	1.Barlavento dos tabuleiros 2.No leste da RPGA-MC 3.Serras do sudoeste	2729,55 10,0	0,34 - 0,85	1.Serras do sudoeste 2.Barlavento dos tabuleiros 3.No leste da RPGA-MC	1968,80 7,3
<i>Total parcial</i>		8695,30	<i>Total parcial</i>		4815,94
		32,0			17,8
Total		54586,86	Total		54585,72

Tabela 5.10 - Os índices de vegetação no dia 29 de agosto de 2011

NDVI			EVI		
Índice	Localização	Área (km ² - %)	Índice	Localização	Área (km ² - %)
-0,20 - 0,0	-	233,85 0,9	-0,08 - 0,0	-	232,96 0,9
<i>Total parcial</i>		233,85 0,9	<i>Total parcial</i>		232,96 0,9
0,01 - 0,26	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH riacho Poção 4.BH riacho Vargem 5.Alto curso Vargem e Macururé	11353,46 41,7	0,01 - 0,15	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH Poção 4.BH Vargem 5.Alto curso Vargem e Macururé	16269,06 59,8
0,27 - 0,34	1.Sistemas interfluviais 2.Sotavento tabuleiros 3.Alto curso Poção e Curaçá 4.Fragmentos no leste da RPGA-MC	10430,59 38,3	0,16 - 0,23	1.Alto curso Poção e Curaçá 2.Serras do sudoeste 3.Tabuleiros 4.No leste da RPGA-MC	8411,86 30,9
<i>Total parcial</i>		21784,05 80,0	<i>Total parcial</i>		24680,92 90,7
0,35 - 0,48	1.Tabuleiros 2.Raso da Catarina 3.Barlavento tabuleiros 4.Fragmentos na Serras do sudoeste 5.Fragmentos no leste da RPGA-MC	3904,52 14,4	0,24 - 0,33	1.Alto curso Poção e Curaçá 2.Fragmentos na Serras do sudoeste 3.Tabuleiros 4.Barlavento tabuleiros 5.No leste da RPGA-MC	1724,14 6,4
0,49 - 0,90	1.Fragmentos tabuleiros 2.Fragmentos Raso da Catarina 3.Fragmentos barlavento tabuleiros 4.Fragmentos na Serras do sudoeste 5.Fragmentos no leste da RPGA-MC	1270,23 4,7	0,34 - 0,85	1.Barlavento tabuleiros 2.Fragmentos no leste da RPGA-MC	554,52 2,0
<i>Total parcial</i>		5174,75 19,1	<i>Total parcial</i>		2278,66 8,4
Total		54585,3	Total		54585,08

Tabela 5.11 - Os índices de vegetação no dia 28 de agosto de 2016

NDVI			EVI		
Índice	Localização	Área (km ² - %)	Índice	Localização	Área (km ² - %)
-0,20 - 0,0	-	196,51 0,7	-0,08 - 0,0	-	196,01 0,7
<i>Total parcial</i>		196,51 0,7	<i>Total parcial</i>		196,01 0,7
0,01 - 0,26	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH riacho Poção 4.BH riacho Vargem 5.Alto curso Vargem e Macururé 6.Fragmentos sistemas interfluviais	14325,74 52,7	0,01 - 0,15	1.BH Curaçá 2.BH Macururé 3.BH Poção 4.BH Vargem 5.Alto curso Vargem e Macururé 6.Sistemas interfluviais	18799,09 69,0
0,27 - 0,34	1.Fragmentos no oeste da RPGA-MC 2.Fragmentos na Serras do sudoeste 3.Tabuleiros 4.Barlavento tabuleiros 5.No leste da RPGA-MC	7626,13 28,1	0,16 - 0,23	1.Fragmentos no oeste da RPGA-MC 2.Fragmentos na Serras do sudoeste 3.Tabuleiros 4.Barlavento tabuleiros 5.No leste da RPGA-MC	5859,63 21,5
<i>Total parcial</i>		21951,87 80,8	<i>Total parcial</i>		24658,72 90,5
0,35 - 0,48	1.Fragmentos na Serras do sudoeste 2.Tabuleiros 3.Barlavento dos tabuleiros 4.Fragmentos no leste da RPGA-MC 5.Fragmentos Raso da Catarina	3382,57 12,4	0,24 - 0,33	1.Fragmentos na Serras do sudoeste 2.Tabuleiros 3.Barlavento dos tabuleiros 4.Fragmentos no leste da RPGA-MC	1987,15 7,4
0,49 - 0,90	1.Fragmentos na Serras do sudoeste 2.Fragmentos nos Tabuleiros 3.Fragmentos barlavento dos tabuleiros 4.Fragmentos Raso da Catarina	1662,90 6,1	0,34 - 0,85	1.Fragmentos na Serras do sudoeste 2.Fragmentos nos Tabuleiros 3.Fragmentos barlavento dos tabuleiros	351,70 1,4
<i>Total parcial</i>		5045,47 18,5	<i>Total parcial</i>		2338,85 8,8
Total		54587,7	Total		54587,16

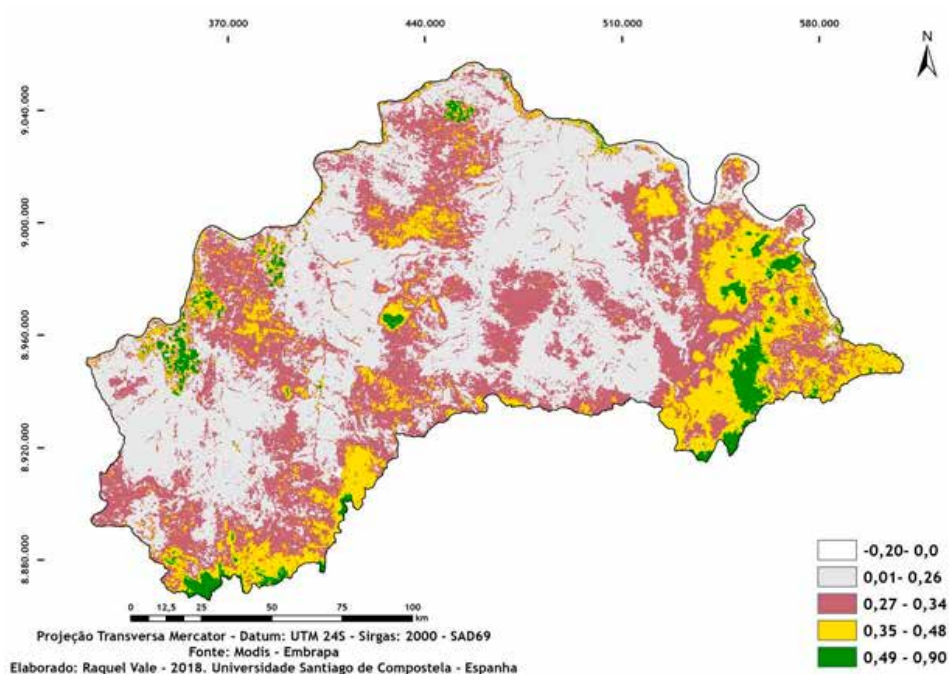


Figura 5.9. Mapa do NDVI no dia 29 de agosto de 2001

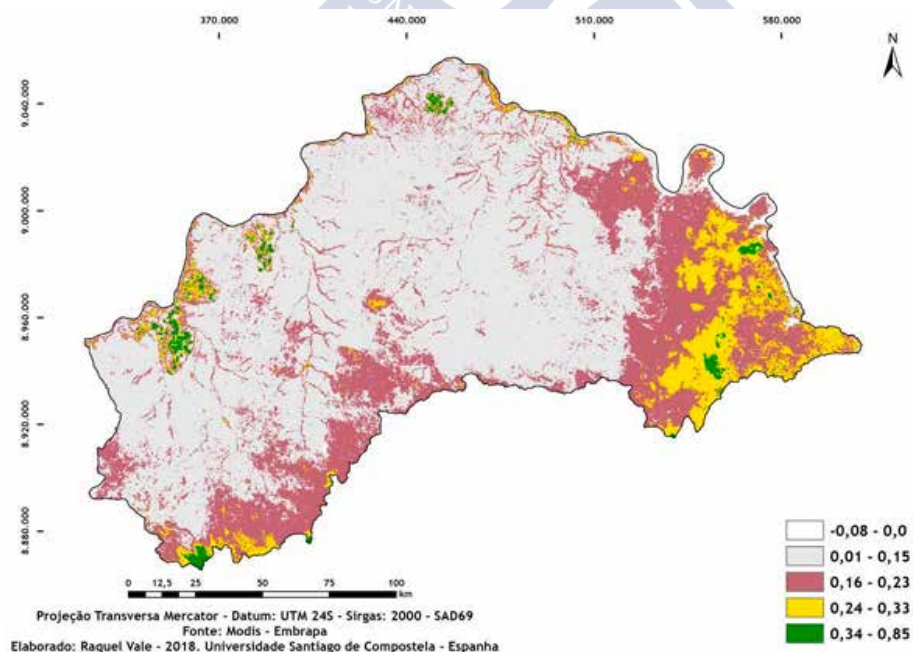


Figura 5.10. Mapa do EVI no dia 29 de agosto de 2001

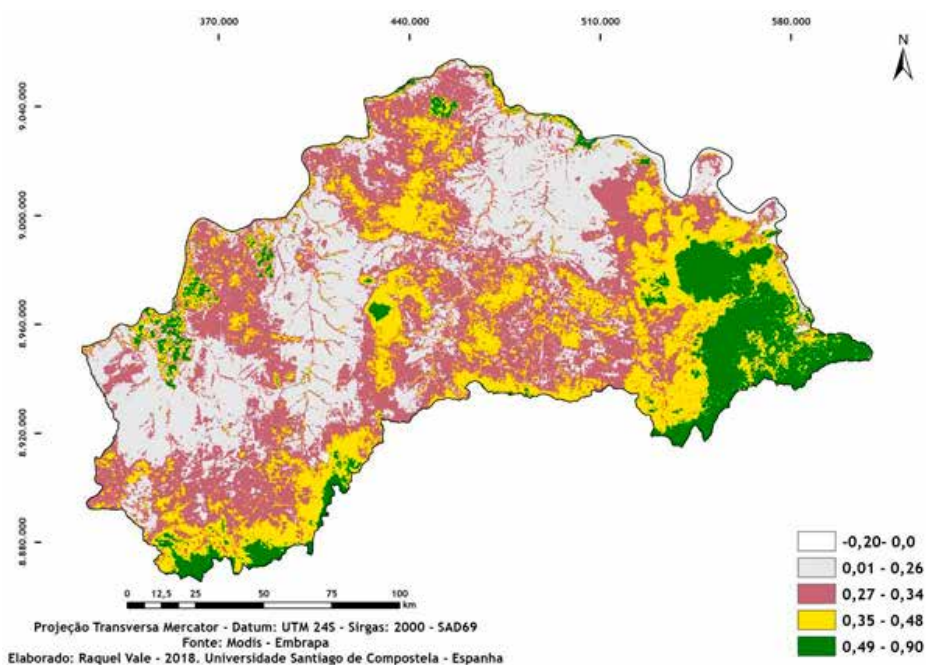


Figura 5.11. Mapa do NDVI no dia 29 de agosto de 2006

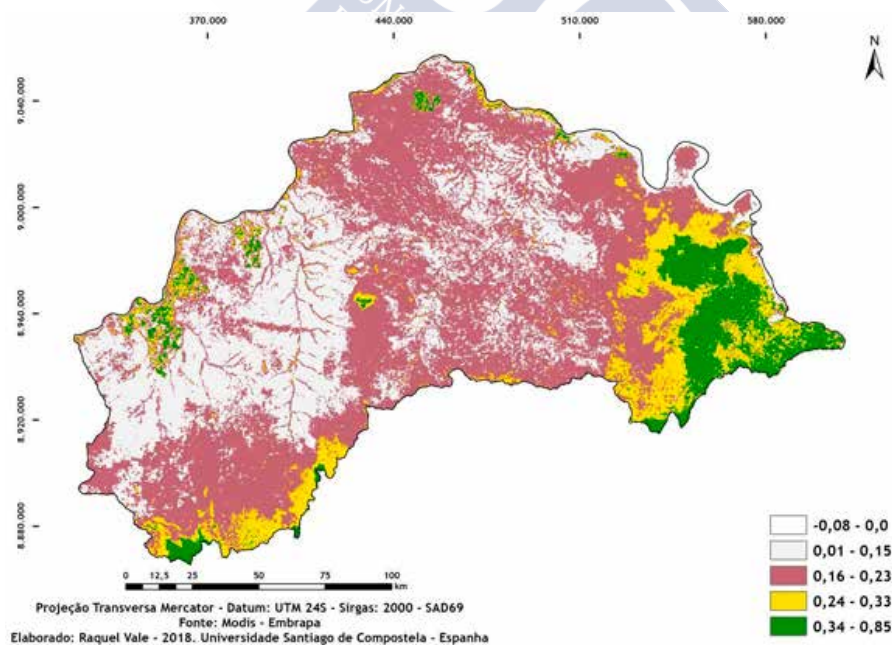


Figura 5.12. Mapa do EVI no dia 29 de agosto de 2006

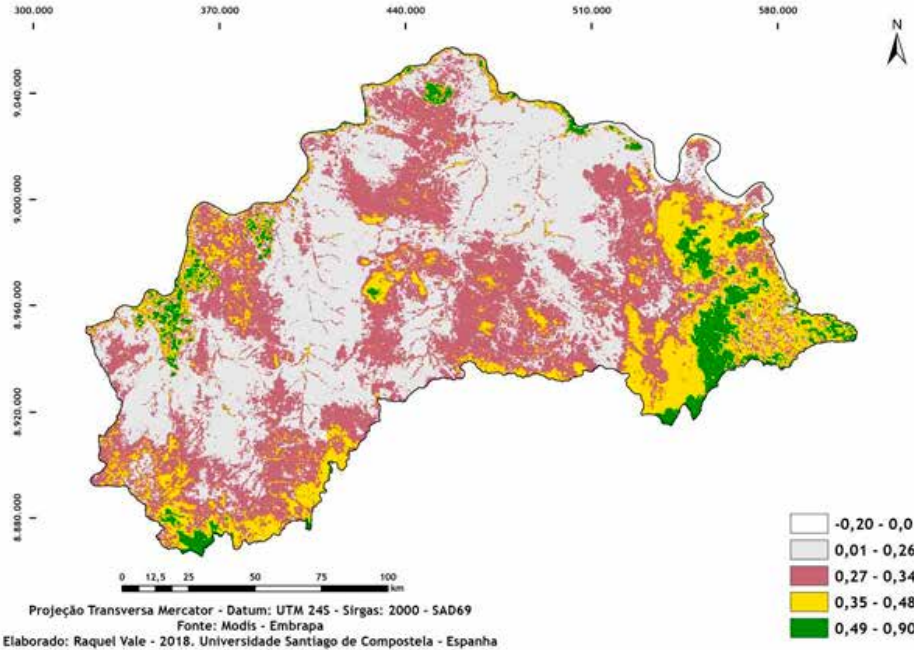


Figura 5.13. Mapa do NDVI no dia 29 de agosto de 2011

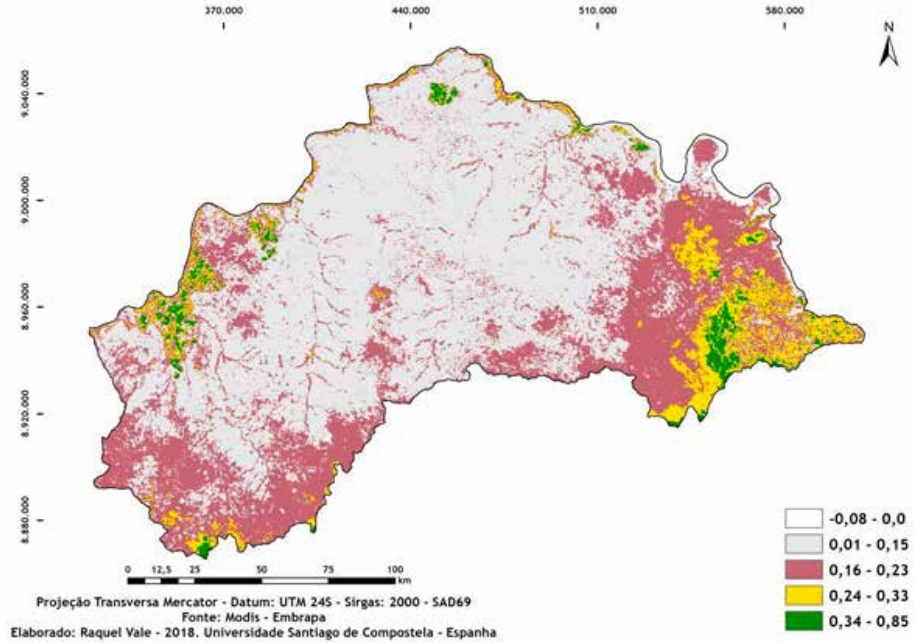


Figura 5.14. Mapa do EVI no dia 29 de agosto de 2011

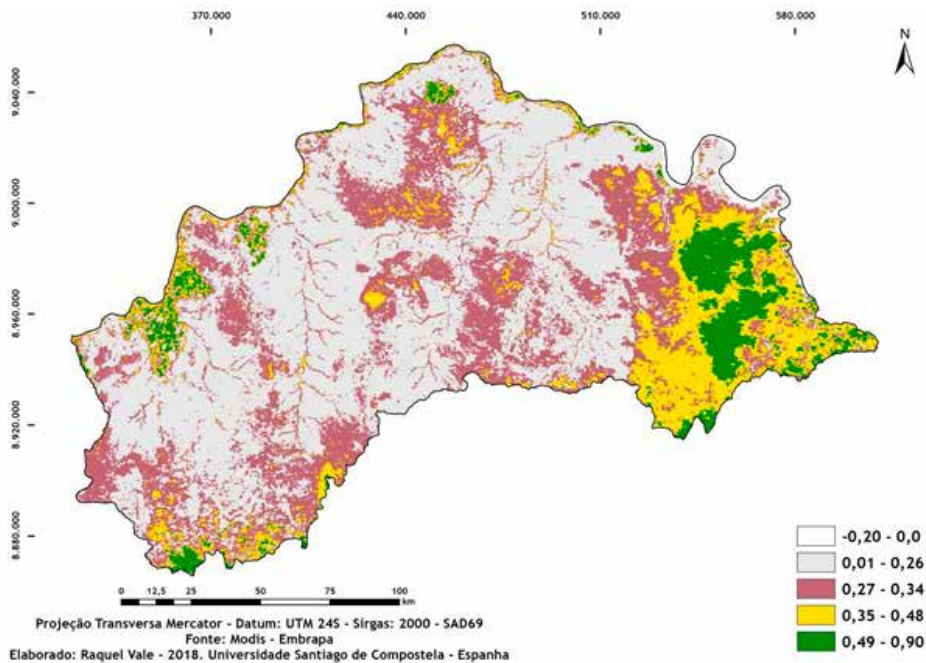


Figura 5.15. Mapa do NDVI no dia 28 de agosto de 2016

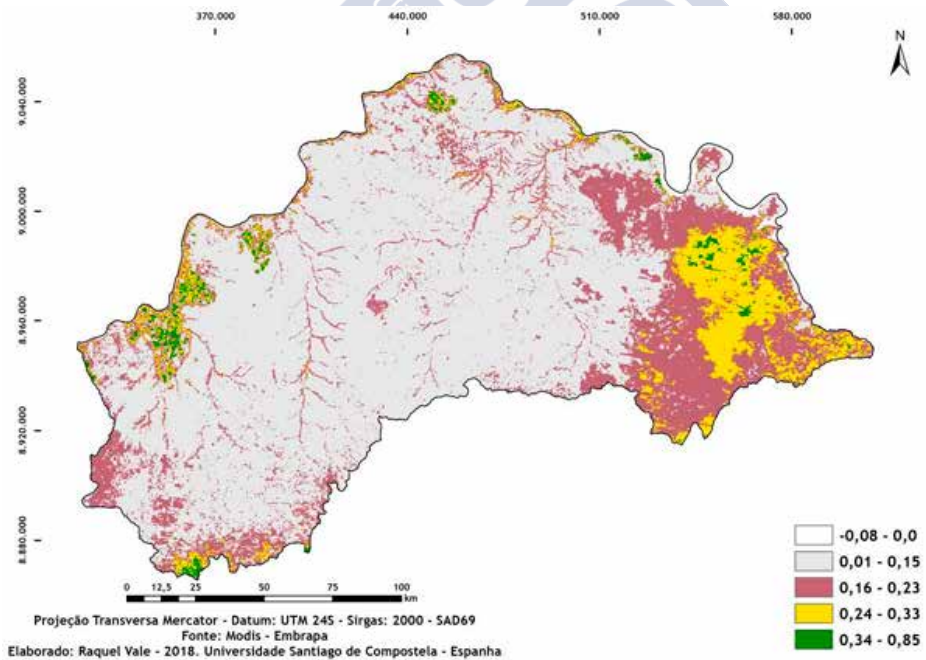


Figura 5.16. Mapa do EVI no dia 28 de agosto de 2016

5.1.4 Secas e Chuvas – os efeitos de uma dinâmica pendular

Um dos objetivos do estudo dos índices de vegetação nesta tese é buscar correlações entre o comportamento interanual/sazonal e a distribuição espacial dos índices de vegetação, principalmente no decorrer da estação seca. É neste período que as condições meteorológicas provocam as maiores taxas de aridez sobre a região, sujeitando-a a grande fragilidade ambiental e criando uma série de fatores que poderão levar à desertificação. Como fator agravante, na dependência do sistema ENOS, os períodos de incidência e duração das secas é irregular.

As imagens utilizadas para avaliar o NDVI e o EVI no período seco corresponderam ao final do mês de agosto, visto sua melhor qualidade espectral, apesar de o pico da estação seca no nordeste brasileiro ocorrer entre setembro e outubro, conforme discutido no subcapítulo 4.3. Nestes meses, a cobertura de nuvens é muito grande e, por este motivo, as imagens deste período foram descartadas. No mês de agosto a incidência de nuvens sobre a região é, ao contrário, muito baixa, e a vegetação já se encontra em processo de caducifolia, visto que, a depender das condições climáticas reinantes, a estiagem se inicia em junho ou julho. Para o período chuvoso, o mês de março foi o mais apropriado, diante da possibilidade de ocorrência das chuvas de verão, que antecedem o equinócio de outono no hemisfério sul.

Os Mapas Multitemporais dos Índices de Vegetação (Figuras 5.1 a 5.16) colocaram em evidência as diferenças temporais registradas pelos índices onde o El Niño é o principal fenômeno climático que acirra as secas sobre a região semiárida — situação claramente demarcada nos mapas. Reduzem as precipitações totais e provocam um período seco bem definido e com pouca variabilidade nos índices de vegetação. Esta dinâmica pendular, que se repete continuamente, ora *mais* incisiva, ora *menos*, atinge fortemente a vegetação e interfere nos mecanismos fenológicos, exigindo máximas adaptações xeromórficas até o retorno das precipitações, quando o estresse sobre a biota é dissipado. Tais aspectos se refletiram nitidamente na distribuição dos índices e evidenciaram estreita correlação com o El Niño.

O final dos anos 1990 foram tragicamente marcados por acentuadas secas no nordeste semiárido brasileiro, devido à ação de um forte episódio do El Niño, entre 1997 e 1998, com efeitos sociais e ambientais muito negativos. As secas foram agravadas e provocaram inúmeras implicações sobre a vegetação, os solos e os recursos hídricos; de fato, numa perspectiva mais ampla, todo o sistema ambiental sofreu com a insuficiência de água. Mas, para a vegetação, os danos foram particularmente severos. O rebaixamento dos níveis freáticos repercutiu na rápida eliminação da cobertura de espécies herbáceas, sobretudo de gramíneas, e desfolhamento completo dos dosséis. A caatinga assumiu a expressão que lhe originou o nome — *mata branca*.

A intensidade deste fenômeno foi tamanha que se propagou para os anos seguintes e resultou na incidência de um período de seca acentuada em 2000, que persistiu e adentrou o ano de 2001. O registro dos efeitos desta redução das precipitações sobre a vegetação foi registrado na imagem MODIS de 22.03.2001.

Um outro El Niño veio a ocorrer entre 2004/2005 e 2009/2010. Porém, ambos de baixa intensidade e não provocaram alterações significativas na dinâmica do clima sobre a região nordeste. A ação do evento de 2004/2005 não interferiu nas características das secas e estas ocorreram dentro da normalidade das condições semiáridas, não produzindo decréscimos

atípicos das precipitações. As chuvas ocorreram e recompuseram os dosséis — em que pese a insuficiência de dados que permitam discorrer sobre a efetividade biológica desta recuperação.

Os índices NDVI de 06.03.2006 e 06.03.2011 registraram esta situação, discriminando a expansão das áreas com índices de vegetação mais elevados. Ressalta-se que em 2011 houve um evento La Niña, fenômeno que responde pelo aumento das chuvas no sertão nordestino, que contribuiu consideravelmente para restabelecer as formações vegetais durante este período. Porém, na passagem de 2011 para 2012, um forte El Niño provocou uma das piores secas sobre o nordeste brasileiro, sobretudo na Bahia, agudizando o caráter das secas na RPGA-MC.

Como se observa, uma sucessão de eventos climáticos precedentes marcaram o cenário registrado na imagem de 05.03.2016 — El Niño entre 2009 e 2010; La Niña em 2011; e novamente El Niño em 2012. Os efeitos conjugados da incidência destes episódios resultaram numa situação de pluviosidades decrescentes a partir do ano de 2012, que, inclusive, demarcaram a grande seca deste ano, com repercussões que se prolongaram até 2013.

Menos de três anos depois ocorreu outro El Niño — o de 2015. Sua natureza, muito forte, acirrou os períodos secos que vinham se manifestando e os cenários favoráveis para a recomposição e expansão da vegetação que se delinearão nas imagens de 06.03.2006 e de 06.03.2011, foram totalmente desconstruídos. Os registros do NDVI e do EVI em 28 e 29.08.2016 evidenciaram as consequências decorrentes da ação do El Niño de 2015 e das secas anteriores, com uma expansão significativa das áreas com valores muito baixos, sobretudo nas depressões onde estão situadas as bacias hidrográficas. Indubitavelmente, os danos, as degradações ambientais e os processos de desertificação foram potencializados diante da persistência da aridez.

Conforme subcapítulo 4.4.1 havia um prognóstico feito pelo INPE, no final de 2015, de persistência do El Niño/2015 no trimestre março-abril-maio de 2016, mas com tendência gradual de declínio até sua neutralidade em meados de 2016. Porém, o fenômeno foi interrompido pela ação de vórtices ciclônicos em altos níveis da atmosfera no Atlântico Sul, que trouxeram chuvas abundantes no verão de 2016 para o nordeste brasileiro e impediram ou retardaram a chegada da seca.

Em que pese tais informações de chuvas no verão de 2016, inclusive com eventos catastróficos, que de fato aconteceram — enchentes, inundações e desabamentos de edificações — sua distribuição não foi homogênea e a região onde se localiza a RPGA-MC, *core* de aridez do estado baiano, não excedeu os volumes de chuva de forma significativa, como em outros setores do semiárido nordestino. Ademais, as perdas por escoamento e evaporação foram bastante rápidas e não proporcionaram uma boa recarga hídrica dos lençóis subterrâneos. Tais circunstâncias estão demarcadas na imagem de 05.03.16, que expôs os sinais da severa seca de 2015, ápice de uma dinâmica climática de baixas precipitações e forte insolação.

Os índices de vegetação permitiram, também, monitorar e avaliar as sucessivas transformações pelas quais foi submetida a região e constatar o inquestionável controle exercido pela dinâmica climática sobre a paisagem. Os Gráficos 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 sintetizam os dados das tabelas 5.4 a 5.11, e tornam mais evidente a correlação entre *chuvas* e *expansão*

das áreas verdes, assim como incidência de *secas* induzindo a *retração* espacial destas mesmas áreas. Demonstram a *expansão* das superfícies com máxima caducifolia, ou mesmo solo exposto, a cada período seco e sua *retração*, quando do retorno das chuvas. Este é o movimento aqui designado *dinâmica pendular*, fluxo e refluxo de processos biológicos dependentes da natureza das estações chuvosa e seca.

Importa ressaltar o quão importante é compreender a relação do efeito dinâmico da *incidência* ou *ausência* de chuvas sobre a caducifolia, porque este é um indicador dos processos indutores de desertificação. Até que ponto os baixos valores dos índices podem indicar um fenômeno biológico e ecológico natural e até que ponto expõem um cenário ambiental de ausência de vegetação, ausência esta decorrente ou agravada pelas atividades humanas.

Os Gráficos 5.1 e 5.2 representam os efeitos da estação seca sobre a distribuição dos índices de vegetação. Em ambos, e sem desconsiderar a diferença intrínseca aos sensores NDVI e EVI, é expressiva a abrangência territorial das superfícies com índices muito baixos que atingiram quase a totalidade da RPGA-MC, no período analisado — em torno de 80% para o NDVI e 90% para o EVI. Consequentemente, somente em superfícies muito pequenas a vegetação, com alguma densidade de folhas, foi preservada.

O ano de 2006 respondeu de forma contundente à ausência do El Niño no ano precedente e registrou, tanto para o NDVI quanto para o EVI, as menores extensões com índices baixos (67,1% e 81,3%) e as maiores com índices altos (32,0% e 17,8%), conforme Gráficos 5.1 e 5.2.

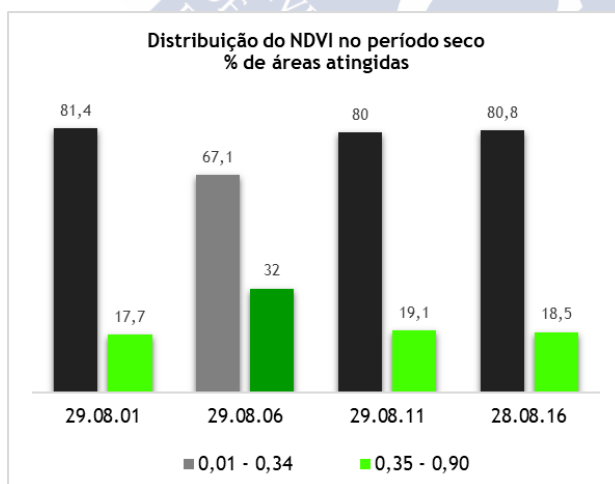


Gráfico 5.1. Distribuição do NDVI no período seco
% de áreas atingidas

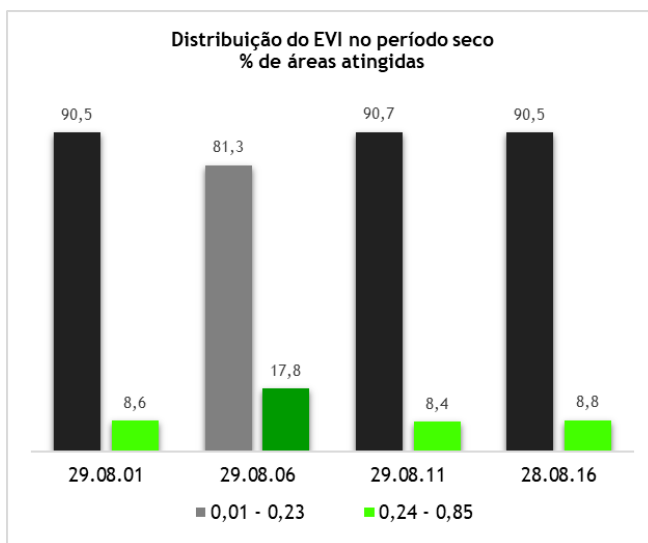


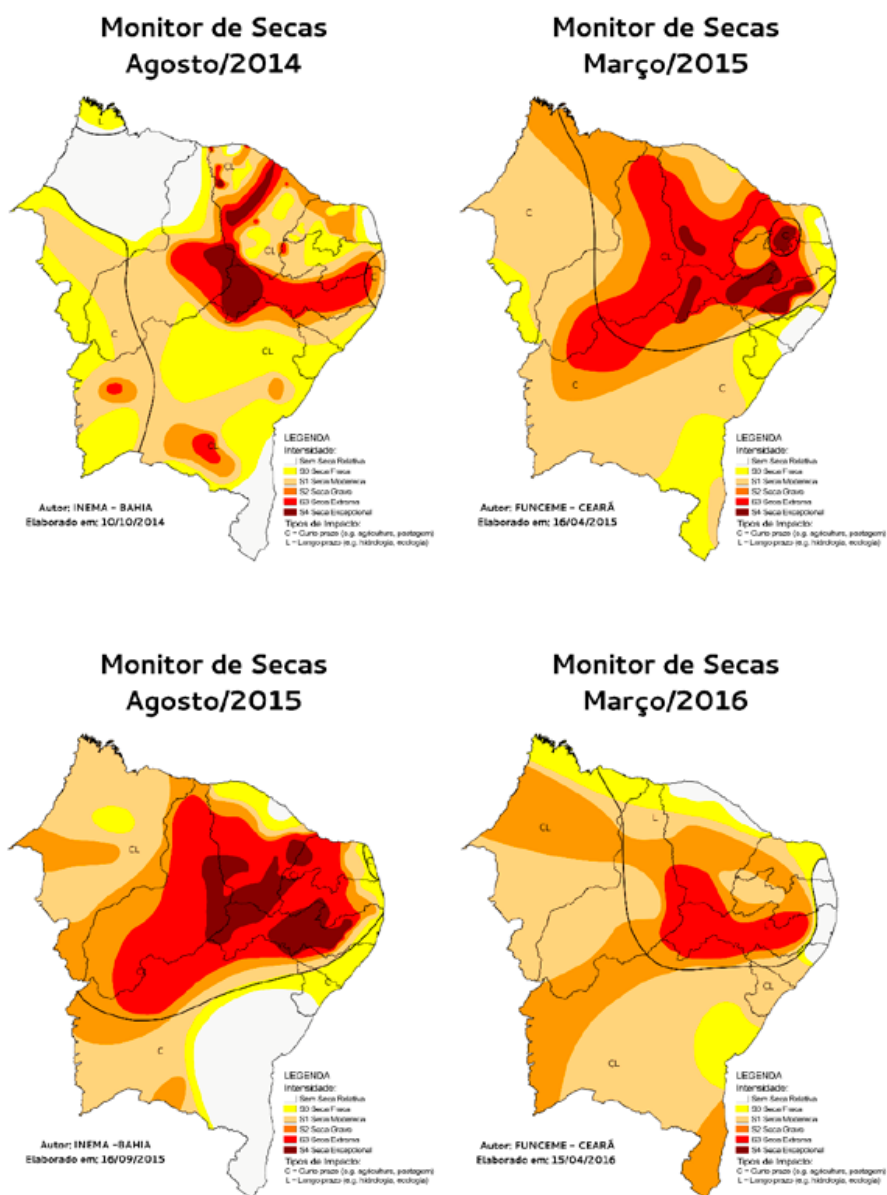
Gráfico 5.2. Distribuição do EVI no período seco
% de áreas atingidas

Os gráficos permitem inferir também que não houve declínio relevante da aridez e, de fato, a região semiárida brasileira encontra-se sob condições de secas acentuadas desde 2010, conforme apontaram os estudos divulgados pelo Monitor de Secas (Figura 5.17) no V Seminário Funceme de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, dedicado a avaliar o comportamento da grande seca de 2010 a 2016²⁰.

O sítio²¹ do Monitor disponibiliza uma série temporal mensal de mapas, iniciada em 2014, sobre as secas incidentes sobre o semiárido nordestino e seus impactos de curto e longo prazos. A região onde se localiza a RPGA-MC está, com muita frequência, sob a ação de secas *grave, extrema e excepcional*, com repercussões negativas, em curto prazo, para a agricultura e pastagens, e em longo, para os sistemas hidrológicos e ecológicos, cenários estes propulsores de desertificação.

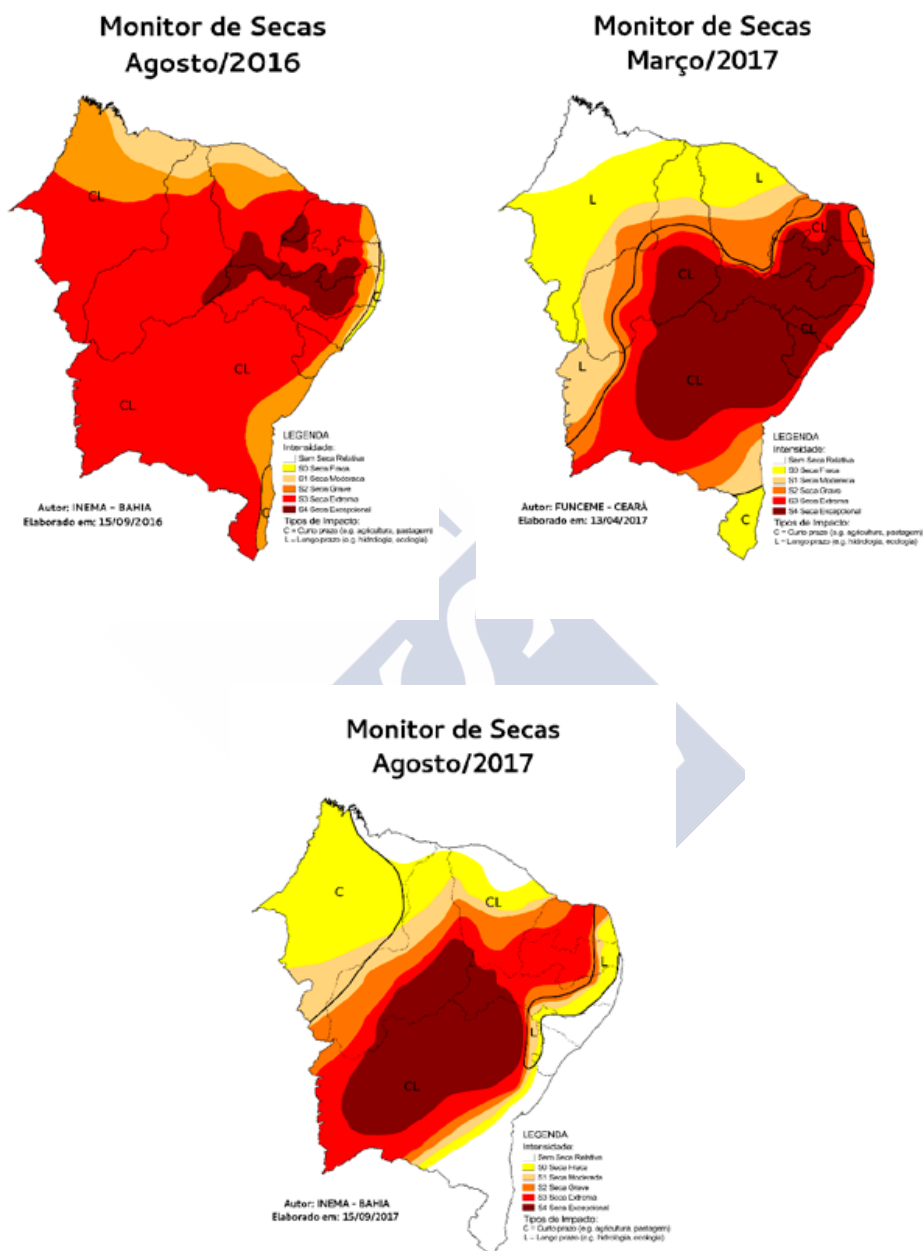
²⁰ O Seminário foi realizado de 30.11.16 a 02.12.16 em Fortaleza/Ceará-BR. <http://www3.funceme.br/evento-secas-2016/>

²¹ A Funceme divulga os dados do Monitor de Secas do Nordeste do Brasil, criado no Acordo de Cooperação Técnica entre a ANA, o MI e o INMET e todos os estados do Nordeste. Adota a classificação do *National Drought Mitigation Center* (Nebraska/USA). <http://www.funceme.br/>; Monitor de Secas. <http://msne.funceme.br/>



Fonte: Monitor de Secas - Funceme

Figura 5.17. Incidência de secas sobre o Nordeste Brasileiro



Fonte: Monitor de Secas - Funceme

Figura 5.17. Incidência de secas sobre o Nordeste Brasileiro

Os Gráficos 5.3 e 5.4, por sua vez, registram os efeitos da estação chuvosa, onde a expansão das áreas com índices de vegetação mais elevados é significativa, apontando a capacidade de recuperação das gramíneas e dos dosséis do estrato herbáceo, como as bromeliáceas, e arbóreo durante os episódios de chuva. Neste caso, demonstra os efeitos extraordinários do xeromorfismo para manter a vegetação, impedindo a morte e o empobrecimento biológico que pode advir de situações prolongadas de seca.

Assim como avaliado nos dados anteriores, quanto ao período seco, é extraordinário os efeitos da ausência ou baixa intensidade do El Niño sobre o semiárido nordestino, como registrado em 2006. Em consequência, ocorreram as maiores extensões de vegetação verde, diante da baixa interferência do fenômeno, fazendo com que os valores mais baixos recuassem, em relação ao ano de 2001. Em 2016, por outro lado, ano que acumulou os efeitos das secas iniciadas em 2011/12, os dados apontam a grande expansão da vegetação desfolhada — 64,7% para o NDVI e 73% para o EVI.

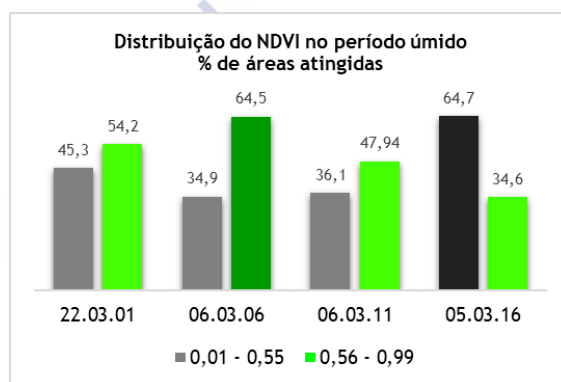


Gráfico 5.3. Distribuição do NDVI no período úmido
% de áreas atingidas

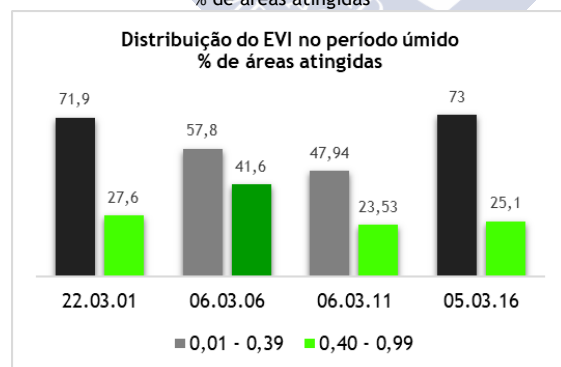


Gráfico 5.4. Distribuição do EVI no período úmido
% de áreas atingidas

A dinâmica climática pendular se reflete neste contínuo e perpétuo movimento de retração e expansão espacial dos mosaicos de vegetação, fluxo e refluxo que tipificam os domínios semiáridos e, deste modo, não surpreende a análise. Contudo, chama a atenção as diferenças quanto a abrangência destes espaços, pois é este dado que permitirá avaliar se

houve perda ou não de vegetação na RPGA-MC, durante o período estudado, e inferir sobre a existência da desertificação.

A incidência temporal, repetida, de superfícies sob máxima caducifolia, como indicam os valores mínimos dos índices de vegetação, bem como os dados do Monitor das Secas, sustentam a hipótese de que são, nestes espaços, que estão em curso os processos de desertificação. *Par e passu* possibilitam inferir sobre a degradação da vegetação e outros sistemas correlatos — fauna, solos, água — e das populações que habitam estes sertões.

5.1.5 Efeitos da sazonalidade anual e interanual sobre a vegetação na RPGA-MC

Os Mapas Multitemporais dos Índices de Vegetação da RPGA-MC (Figuras 5.1 a 5.16) possibilitaram identificar a distribuição espacial e a dinâmica têmporo-pendular dos índices, suas expansões e retrações espaciais, e reafirmar que o rigor das secas, ou a abundância ou não da estação chuvosa, possuem mecanismos controladores sobre as paisagens. O ENOS é o mais importante dentre todos, visto sua ação sobre a dinâmica da atmosfera do Pacífico Sul, cujos efeitos atingem de modo acentuado o Brasil, potencializando a aridez sobre o nordeste brasileiro. Sua magnitude é inibida quando entram em ação os vórtices ciclônicos do Atlântico Sul, que poderão abortar ou minimizar tais efeitos, porém de duração variável.

A importância do El Niño é indiscutível, contudo há que se considerar que sua repercussão nas escalas meso e micro serão diferentes a depender de fatores locais, sobretudo o relevo, uma vez que formas, compartimentos altimétricos e disposição em relação às correntes de ar configuram um mosaico multivariado de situações. O mais notável na região é o contraste entre setores de barlavento e sotavento.

A seca é um fenômeno típico da semiaridez, mas a frequência com que os longos períodos se manifestam — suas particularidades —, o quanto reduzem os volumes de precipitações totais, mensais e diários; o rigor da insolação e das temperaturas, a evapotranspiração, assim como sua magnitude espacial e temporal, constituem variáveis de extrema importância quando se trata de avaliar os impactos e danos derivados destes cenários, dentre os quais a desertificação. A natureza da estação chuvosa é também crucial e, da mesma forma, os totais pluviométricos e sua distribuição espacial e temporal — o balanço entre os *inputs* e *outputs*, ou seja, o *quantum* de precipitações permanece no sistema, recarregando o lençol freático, nascentes e rios, e restabelecendo a umidade dos solos e da vegetação, e o *quantum* é perdido por escoamento, evaporação e transpiração — precisam ser avaliados.

Os parágrafos anteriores discorreram sobre a distribuição espacial dos índices NDVI e EVI sob os efeitos das estações chuvosa e seca, com ênfase sobre as dimensões das principais classes e sua localização na RPGA-MC. Tais aspectos subsidiaram discutir as dinâmicas de retração e expansão sazonal e interanual da vegetação, a partir da quantificação das superfícies onde incidiram os índices *mais* e os índices *menos* elevados.

A Tabela 5.12 apresenta as dimensões das superfícies onde os índices NDVI discriminaram condições *mais secas* ou *mais úmidas*, de acordo com os resultados computados nas Tabelas 5.3 a 5.11, e a expansão ou retração areal a que cada superfície foi submetida durante a passagem da estação chuvosa, aqui representada pelos dados de *março*, e

para a seca, por *agosto*. A análise destes dados indica a existência de uma acentuada mudança na paisagem derivada da sazonalidade climática, visto a expansão das superfícies *mais secas* e a retração das *mais úmidas*. Observa-se também que, ao longo da série histórica, a sazonalidade impôs crescente expansão das áreas mais secas e retração das mais úmidas. Disto, deduz-se que as condições hídricas na região têm piorado progressivamente conduzindo a vegetação para condições de degradação e aumento da aridez:

- A expansão das superfícies *mais secas* foi excepcionalmente grande entre 2006 e 2011 — 122,20% — que resultou na forte retração espacial das superfícies *mais úmidas* — 70,11%. É necessário ressaltar que a expansão das superfícies *mais secas*, de 2011 para 2016, de apenas 24,84%, decorre da situação das secas iniciadas desde 2010, cujos efeitos se processavam e se expandiam de modo bastante largo. Quase toda a vegetação já se encontrava seca no transcorrer destes anos e não se recuperou nos anos subsequentes, permanecendo assim, tal como indicam os valores do índice de vegetação.

Tabela 5.12 - Expansão ou retração sazonal do NDVI

Superfícies		Março (km ²)	Agosto (km ²)	Expansão %	Retração %
NDVI 2001	Mais secas	12.235,35	22.153,49	81,06	-
	Mais úmidas	14.818,29	4.802,49	-	67,59
NDVI 2006	Mais secas	9.502,28	18.247,24	92,03	-
	Mais úmidas	17.528,62	8.695,30	-	50,39
NDVI 2011	Mais secas	9.803,81	21.784,05	122,20	-
	Mais úmidas	17.222,87	5.147,75	-	70,11
NDVI 2016	Mais secas	17.584,40	21.951,87	24,84	-
	Mais úmidas	9.410,30	5.045,47	-	46,38

A Tabela 5.13 apresenta a expansão ou retração interanual do NDVI na estação chuvosa, onde observa-se a expansão das superfícies *mais secas* e retração das *mais úmidas*. Mesmo tendo em vista a dinâmica pendular que tipifica a região, os dados apontam para a continuidade temporal destas condições, ou seja, a possibilidade de que os cenários futuros sejam no sentido de agudizar as dinâmicas atuais:

- Entre 2011 e 2016 ocorreu a situação mais grave — expansão das superfícies *mais secas*, 79,36%, e retração das *mais úmidas*, 45,36%.
- Entre 2001 e 2016 as superfícies *mais secas* expandiram 43,72% e as *mais úmidas* retraíram 36,50%.

Tabela 5.13 - Expansão ou retração interanual do NDVI na estação chuvosa (%)

Março					
Mais secas (km ²)			Mais úmidas (km ²)		
2001	12.235,35	Retração de 22,34	2001	14.818,29	Expansão de 18,29
2006	9.502,28		2006	17.528,62	
2006	9.502,28	Expansão de 3,17	2006	17.528,62	Retração de 1,74
2011	9.803,81		2011	17.222,87	
2011	9.803,81	Expansão de 79,36	2011	17.222,87	Retração de 45,36
2016	17.584,40		2016	9.410,30	
Entre 2001 e 2016		Expansão de 43,72	Entre 2001 e 2016		Retração de 36,50

A Tabela 5.14 apresenta a expansão ou retração interanual do NDVI na estação seca, onde observa-se um comportamento completamente distinto daquele descrito para a estação

úmida e que permitiu elucidar os efeitos, sobre a vegetação, produzidos pela insuficiência hídrica, durante a estação seca:

- A maior expansão das superfícies *mais secas* e retração das *mais úmidas* não aconteceu entre 2011 e 2016, mas entre 2006 e 2011 — 19,38% e 40,80%, respectivamente —, visto que entre 2011 e 2016 ocorreram severas secas que conduziram a região para as piores condições de caducifolia. Isto significa que as características fenológicas da vegetação chegaram em 2016, já bastante afetadas pelas condições iniciadas nos anos anteriores, sobretudo 2012, época de incidência do El Niño.
- Entre 2001 e 2016 a dinâmica de expansão e retração das superfícies não foram acentuadas — retração das *mais secas* de somente 0,91% e expansão das *mais úmidas* de 5,06% — o que demonstra que ocorre uma estagnação das condições fenológicas da vegetação durante os períodos de seca. Tal comportamento sinaliza que as transformações interanuais, durante a estação seca, são menos agudas do que as sazonais e que os efeitos sobre as dimensões espaciais da caducifolia são relativamente os mesmos ao longo do tempo. Ou seja, o alcance espacial da aridez é limitado por fatores que vão além da questão climática, propriamente dita.

Tabela 5.14 - Expansão ou retração interanual do NDVI na estação seca (%)

Tabela 3.14 – Expansão ou retração interanual do NDVI na estação seca (%)					
Expansão/retração interanual			Agosto		
Mais secas (km²)			Mais úmidas (km²)		
2001	22.153,49	Retração de 17,63	2001	4.802,49	Expansão de 81,06
2006	18.247,24		2006	8.695,30	
2006	18.247,24		2006	8.695,30	
2011	21.784,05	Expansão de 19,38	2011	5.147,75	Retração de 40,80
2011	21.784,05		2011	5.147,75	
2016	21.951,87	Expansão de 0,77	2016	5.045,47	Retração de 1,99
Entre 2001 e 2016			Entre 2001 e 2016		
		Retração de 0,91			Expansão de 5,06

A Tabela 5.15 apresenta a expansão ou retração sazonal do EVI e, da mesma forma com o descrito para o NDVI, apresenta as condições *mais secas* ou *mais úmidas* da região, de acordo com os resultados das Tabelas 9.2 a 9.9, bem como a expansão ou retração areal decorrente da passagem do período chuvoso para o seco. Os dados indicam uma acentuada mudança sazonal nas condições hídricas da região, com crescente expansão das superfícies *mais secas* e retração das *mais úmidas*:

- A expansão das superfícies *mais secas* foi fortemente acentuada no ano de 2011, quando houve um aumento de 89,39% nas dimensões das terras secas, que provocaram a retração espacial das superfícies *mais úmidas* em 83,72% — valores que indicam condições hídricas insuficientes mais severas do que as apontadas pelo NDVI.

Tabela 5.15 - Expansão ou retração sazonal do EVI

Superfícies		Março (km ²)	Agosto (km ²)	Expansão %	Retração %
EVI 2001	Mais secas	19.553,06	24.625,96	25,94	-
	Mais úmidas	7.500,96	2.331,32	-	68,92
EVI 2006	Mais secas	15.704,78	22.126,23	40,89	-
	Mais úmidas	11.325,94	4.815,94	-	57,48
EVI 2011	Mais secas	13.032,10	24.680,92	89,39	-
	Mais úmidas	13.995,51	2.278,66	-	83,72
EVI 2016	Mais secas	19.837,27	24.658,72	24,31	-
	Mais úmidas	6.832,75	2.338,85	-	65,77

A Tabela 5.16 apresenta a expansão ou retração interanual do EVI na estação chuvosa.

- Entre 2011 e 2016 ocorreu a situação mais aguda, com expansão areal das superfícies *mais secas*, de 52,22%, e retração das *mais úmidas*, de 51,18%.
- Entre 2001 e 2016 ocorreu expansão das *mais secas*, de 1,45%, e retração das *mais úmidas*, de 8,91%, que traduz um cenário quase invariável nas dimensões espaciais das superfícies *mais secas* ou das *mais úmidas* sob os efeitos da estação chuvosa. Este dado pode estar a indicar que os reflexos da estação seca, que antecede a chuvosa, quando analisado em uma série histórica mais dilatada, persistem e alcançam a estação chuvosa e não possibilitam a recuperação do dossel.

Tabela 5.16 - Expansão ou retração interanual do EVI na estação chuvosa (%)

Expansão/retração interanual					
Mais secas (km ²)			Mais úmidas (km ²)		
2001	19.553,06	Retração de 19,68	2001	7.500,96	Expansão de 50,99
2006	15.704,78		2006	11.325,93	
2006	15.704,78	Retração de 17,02	2006	11.325,93	Expansão de 23,57
2011	13.032,10		2011	13.995,51	
2011	13.032,10	Expansão de 52,22	2011	13.995,51	Retração de 51,18
2016	19.837,27		2016	6.832,75	
Entre 2001 e 2016		Expansão de 1,45	Entre 2001 e 2016		Retração de 8,91

A Tabela 5.17 apresenta a expansão ou retração interanual do EVI na estação seca, em que se observa um comportamento diferente do ocorrido na estação úmida e que explica os severos efeitos da insuficiência hídrica, durante a estação seca:

- A maior expansão das superfícies *mais secas* e retração das *mais úmidas* se deu entre 2006 e 2011 — 11,55% e 52,69%, respectivamente — visto que, da mesma forma que se verificou em relação ao NDVI, entre 2011 e 2016 severas secas expuseram a região às piores condições de caducifolia. Isto significa que as características das paisagens chegaram em 2016, já bastante afetadas pelas condições iniciadas nos anos anteriores, sobretudo 2012, época de incidência do El Niño.
- Entre 2001 e 2016 a dinâmica de expansão e retração das superfícies não foram acentuadas — retração das *mais secas* de somente 0,13% e expansão das *mais úmidas* de 0,32% — fruto dos mesmos mecanismos discutidos na análise do NDVI — estagnação das condições fenológicas da vegetação durante a estação seca.

Tabela 5.17 - Expansão ou retração interanual do EVI na estação seca (%)

Expansão/retração interanual					
Mais secas (km ²)			Mais úmidas (km ²)		
2001	24.625,96	Retração de 10,15	2001	2.331,32	Expansão de 106,58
2006	22.126,23		2006	4.815,94	
2006	22.126,23	Expansão de 11,55	2006	4.815,94	Retração de 52,69
2011	24.680,92		2011	2.278,66	
2011	24.680,92	Retração de 0,09	2011	2.278,66	Expansão de 2,64
2016	24.658,72		2016	2.338,85	
Entre 2001 e 2016		Expansão de 0,13	Entre 2001 e 2016		Expansão de 0,32

As interpretações feitas sobre o comportamento espacial dos índices de vegetação permitem concluir que os efeitos da dinâmica climática pendular sazonal, sobre a *expansão* ou *retração* da vegetação, é sempre maior e mais severa do que a interanual. Disto, decorre que as superfícies *mais secas* ou *mais úmidas* se mantiveram relativamente as mesmas ao longo do tempo, ou seja, na evolução interanual. O padrão de localização e extensão se repete e, além do mais, é possível admitir que, na ausência do El Niño, a RPGA-MC exibe índices próximos ao verificado para o ano de 2006 (Figuras 5.3 e 5.4, 5.11 e 5.12). Quando há neutralidade dos efeitos deste fenômeno, a dinâmica climática sobre o nordeste brasileiro atua dentro dos parâmetros considerados normais para o semiárido e, deste modo, enfraquece *expansões* e *retrações* excessivas — ou seja, atenua os processos agudos de xeromorfia. Deste modo, não se observam contrastes sazonais tão acentuados, como os verificados sob efeitos do El Niño.

Contudo, ressalta-se, as superfícies com baixa densidade de vegetação e desnudas têm-se ampliado progressivamente, conforme demonstram os índices de vegetação. Os impactos negativos de secas prolongadas refletem dinâmicas sazonais em desequilíbrio, ou instáveis, e em evolução resistástica, que, persistentes e repetidas ano a ano, implicam na transformação “definitiva” da vegetação e da paisagem, podendo perpetuar cenários de degradação tendentes à desertificação, onde a capacidade de suporte da vegetação é totalmente ultrapassada. O processo tem início em pequenas células, com áreas na escala das centenas de quilômetros quadrados, que se expandem, se coalescem, e progressivamente chegam a milhares de quilômetros quadrados, configurando núcleos de desertificação.

5.2 Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação

Para avaliar o “estado da arte” em que se encontra a região de águas dos rios Macururé e Curaçá, no que tange as alterações na paisagem derivadas das atividades humanas, sobretudo as principais atividades econômicas regionais — a pecuária e a agricultura — foram elaborados Mapas Multitemporais das Superfícies Transformadas e dos Remanescentes de Vegetação, na escala de 1:100.000, por meio das imagens dos sensores remotos dos satélites RapidEye (2009), Landsat 1/MSS (1973), Landsat 5 (1990/92), Landsat 7 (2001) e Landsat 8 (2016). Os resultados possibilitaram realizar a análise multitemporal das transformações humanas ocorridas na RPGA-MC, assim como, dos fragmentos de vegetação remanescentes do processo de ocupação e uso das terras.

Apesar das diferentes resoluções, estas imagens possibilitaram reconhecer a evolução e o grau das expansões e retrações espaciais das paisagens permitindo avaliar seus comportamentos e tendências, para inferir acerca da ocorrência ou não dos processos de desertificação. Tornou possível também identificar os remanescentes de caatinga e ponderar quanto à sua importância na paisagem.

Este subcapítulo tem início com a apresentação do mapa construído a partir da fotointerpretação das imagens RapidEye de 2009, que permitiu reconhecer o conjunto das paisagens da RPGA-MC e cartografar as superfícies que tiveram sua fitofisionomia natural modificada ou alterada pelas atividades humanas. Esta escala foi fundamental para visualizar e identificar a extensão da degradação, sua geometria e distribuição espacial, com um nível de precisão cartográfico satisfatório para os objetivos desta tese. Possibilitou, também, estabelecer inferências sobre os processos de desertificação, sua natureza, mecanismos propulsores e amplitude espacial.

Na sequência, apresentam-se os resultados dos mapas elaborados a partir das imagens Landsat 1/MSS de 1973 e Landsat 5, 7 e 8 de 1990/92, 2001 e 2016, respectivamente. Em que pese a baixa resolução destes sensores — menor que a alcançada com as imagens RapidEye — admite-se que os dados produzidos contribuíram, junto com os resultados da RapidEye, para analisar e compreender as variações temporais experimentadas pela paisagem.

Esta coleção de mapas veio para atender a alguns dos objetivos específicos desta tese, relacionados a avaliar a proporção areal entre as superfícies que apresentam maior exposição do solo às ações das intempéries e da morfogênese, em relação às que comportam remanescentes de vegetação. Chegar ao conhecimento deste balanço é um dos resultados mais importantes da pesquisa, visto ser o lastro para avaliar os processos de desertificação na RPGA-MC — ou seja, se a degradação ambiental em curso na região está evoluindo de fato para desertificação. Além disto, irá subsidiar o mapeamento das Unidades de Paisagem para, a partir daí, alcançar a extensão temporoespacial das transformações ocorridas. Isto posto, estima-se que as informações adquiridas serão úteis para inferir sobre as dinâmicas espaciais das terras ocupadas, dados estes, indicadores dos processos de desertificação.

5.2.1 Superfícies transformadas e remanescentes de vegetação na RPGA-MC, mapeadas a partir das imagens do sensor Rapideye - 2009

As imagens do sensor RapidEye apresentam bandas espectrais do *visível* até o *infravermelho próximo*, sendo adequadas para visualizar e avaliar as superfícies exploradas pelas atividades humanas e também os fragmentos remanescentes de vegetação. Estas imagens estão disponibilizadas com ortorretificação, que corrigiu as deformações geométricas produzidas pela plataforma do sensor, tornando-as apropriadas aos processamentos. Inicialmente foram abertas no *software* ENVI 5.1, *classic*, onde imagens escuras foram filtradas para melhorar sua visualização. A composição colorida RGB-543, muito aplicada para identificar a vegetação, a morfologia do relevo, a rede de drenagem e espelhos d'água foi adotada na fotointerpretação das imagens.

Em seguida as imagens foram salvas no formato ArcGis, onde foi elaborada a fotointerpretação e confeccionado o mapa. Devido ao grande número de cenas que recobrem a RPGA-MC — oitenta — (Anexo VI), a fotointerpretação foi feita sobre cada cena, para somente ao término ser processado o mosaico da região. Deste modo, foram evitadas dificuldades operacionais no processamento do *software*, em consequência do tamanho dos arquivos.

Tendo em vista que a resolução espacial de 5m das imagens RapidEye permite uma excelente acuidade visual para discriminar os detalhes das formas e dos contornos dos elementos que compõem a superfície, foi estabelecida a escala de 1:100.00 para confeccionar o Mapa de Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação. No entanto, durante a vetorização escalas maiores foram utilizadas. Os critérios que subsidiaram a vetorização foram:

- Mapas pré-existentes de vegetação do estado da Bahia publicados pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Bahia, 2007; e pelo Sistema de Informação Georreferenciadas/Sig-Bahia, 2003.

- Mapas da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomass²²) – coleção multitemporal (2000 a 2016).
- Principais aspectos fisionômicos dos remanescentes de vegetação, bem como os tipos de uso agrícola e pecuário desenvolvido na região, apresentados e discutidos no capítulo 4 desta tese.
- Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) — a classificação adota o sistema hierárquico fisionômico-ecológico — região fitoecológica; classe de formação florestal e não florestal; subclasse, caracterizada por dois parâmetros ligados ao clima (ombrófilo e estacional); grupo de formação, determinado pelo tipo de transpiração estomática foliar e fertilidade dos solos; subgrupo de formação, que indica o comportamento das plantas segundo os seus hábitos; e por último, a formação propriamente dita, que é determinada pelo ambiente.
- Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006) – neste manual é apresentada a metodologia de mapeamento das tipologias de *cobertura da terra*, entendida como toda e qualquer área onde predominam características naturais ou construídas pelas atividades humanas. Para estas últimas, a classificação considera *uso da terra*, onde se registra atividade humana econômica com expressão espacial.
- Banco de dados georreferenciados de pontos amostrados em trabalhos de campo (descrições e fotografias).
- Compartimentos de altitude do relevo.
- Tipos de rochas e solos.
- Presença de povoados, caminhos e trilhas.
- Presença de represas e aguadas.
- Existência de polígonos desmatados em meio à vegetação.
- Textura e cor dos alvos.

O maior espaçamento entre as plantas, a despeito de ser uma característica natural da caatinga arbustiva, também foi interpretado, junto aos critérios citados, como indicador de antropização. Visto que o predomínio de pastagens naturais na região traz consigo a formação de trilhas de gado, denominadas localmente “corredor ou carreiros”, a caatinga passa a apresentar uma densa malha destes caminhos de pastejo.

Nestas condições há intensa exposição dos solos. Sobre os mais arenosos, pálidos e secos, muito comuns na região, a reflexão é acentuada e fortemente detectada pelo sensor dos satélites orbitais. Ressalta-se que a rarefação na densidade da vegetação pode ser ainda mais severa ao se considerar a generalização da escala de mapeamento alcançada.

Estes parâmetros foram significativos para melhor compreender a composição da cobertura das terras na RPGA-MC, relativizar a interpretação das imagens e, deste modo, construir o Mapa de Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação, que identificou superfícies ou áreas que tiveram sua fitofisionomia natural modificada ou alterada pelas atividades humanas, que a fragmentaram, e, deste modo, colocaram em evidência remanescentes de vegetação contínua e com alguma importância biológica.

²² O MapBiomass é um projeto de caráter interinstitucional, em rede, que utiliza processamento de dados em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine*. Tem por objetivo gerar séries históricas de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil. <<http://mapbiomas.org>>

Da análise comparativa entre as diferenças espectrais das imagens foram estabelecidas e mapeadas 19 tipologias ou classes de superfícies transformadas e remanescentes de vegetação, identificadas por legenda constituída por polígonos e pontos:

1. Agricultura e pecuária — áreas ocupadas por agricultura sazonal de sequeiro ou por sistemas de irrigação, sobretudo às margens do rio São Francisco. Os polígonos apresentam formas angulares e podem estar ou não recobertos por plantios. A pecuária extensiva ou semiextensiva compartilha os mesmos espaços, exceto nos perímetros irrigados.
2. Aluvião — superfícies assoreadas dentro e às margens dos canais fluviais.
3. Caatinga arbóreo-arbustiva — superfícies recobertas de modo contínuo por Caatinga arbóreo-arbustiva.
4. Caatinga arbóreo-arbustiva aberta — superfícies recobertas de modo descontínuo por Caatinga arbóreo-arbustiva e que podem apresentar algum tipo de uso, porém de baixa frequência.
5. Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada — superfícies com algum tipo de uso de alta frequência e que fragmenta de modo descontínuo Caatinga arbóreo-arbustiva.
6. Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada e erosão — superfícies com algum tipo de uso de alta frequência, que fragmenta de modo descontínuo Caatinga arbóreo-arbustiva, e que apresenta marcas de erosão.
7. Caatinga arbóreo-arbustiva densa — superfícies extensas e recobertas de modo contínuo por Caatinga arbóreo-arbustiva densa.
8. Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos — superfícies recobertas de modo contínuo por Caatinga arbóreo-arbustiva e que apresentam grande densidade de formas erosivas.
9. Caatinga arbóreo-arbustiva sobre afloramentos — superfícies rochosas de inselbergues ou serrotes recobertas por Caatinga arbóreo-arbustiva.
10. Caatinga arbóreo-arbustiva, erosão e solo exposto — superfícies com algum tipo de uso de alta frequência, que fragmenta de modo descontínuo Caatinga arbóreo-arbustiva, com marcas de erosão e solo exposto.
11. Caatinga parque — superfícies recobertas de modo contínuo por Caatinga parque.
12. Caatinga parque antropizada — superfícies com algum tipo de uso de alta frequência e que fragmenta de modo descontínuo Caatinga parque.
13. Erosão flúvio-pluvial — marcas de sistemas erosivos produzidos por escoamento fluvial e/ou pluvial.
14. Mineração — área de exploração mineral de alta frequência e de grande porte.
15. Represas no Rio São Francisco — grandes reservatórios de água para geração de energia elétrica e irrigação.
16. Solo exposto — superfícies com forte evidência de supressão da cobertura vegetal, bem como aquelas onde predominam areias, pavimentos detríticos pedregosos e afloramento rochoso.
17. Área urbana — superfície ocupada por sedes municipais.

Pontos:

18. Aguadas e barragens — reservatórios de pequeno e médio porte, feitos para acumular água da chuva, localizados em baixadas e/ou linhas de fluxo d'água sazonal.
19. Povoados — pequenas aglomerações localizadas na zona rural.

A região em estudo encontra-se numa das áreas mais secas da Bahia, onde originalmente a caatinga, em seus diferentes subtipos, era a vegetação dominante. Hoje tem-se uma caatinga de menor porte. Mais rústica e menos densa sobre as depressões e arbórea e mais densa nos solos espessos dos tabuleiros, nas baixadas, e nos terraços e beiras de rios, onde chega a formar estratos florestados. Cactus e bromélias, junto à outras herbáceas, formam um complexo rupestre que viceja sobre lajedos e medra encostas e topos rochosos de inselbergues, serras e serrotes. Podem também ser observados atapetando o solo, ao rés do chão, sob caatingas arbóreo-arbustivas e parque, o que vem a indicar maior conservação biológica da vegetação.

Esta grande região apresenta-se profundamente transformada. Amplos pastos extensivos e semiextensivos, naturais ou plantados, associados à retirada de lenha, desmatamentos e uso do fogo, modificaram a caatinga. Abriram clareiras que se coalesceram sucessivamente dando origem à superfícies nuas e com forte incidência de radiação solar direta. As características fitofisionômicas primordiais das caatingas encontram-se alteradas e parte de suas espécies foram extintas ou já não são observadas com a mesma frequência, a não ser em sítios ou *habitats* geomorfológicos muito específicos. Incontestável é, que espécies da flora e da fauna da caatinga, estão ameaçadas de extinção.

Estes vários mosaicos de paisagens puderam ser visualizados, interpretados e vetorizados sobre as imagens RapidEye, chegando à 17 diferentes tipos de coberturas, 12 na categoria *transformada*, que somaram 20.461,54 km², ou 75,26% da região, e 05 na categoria *remanescente*, que corresponderam aos restantes 6725,35 km², ou 24,74%, (Figura 5.18, Tabela 5.18 e Gráfico 5.5). Tais dados demonstram a intensidade das transformações que vem ocorrendo na RPGA-MC — $\frac{3}{4}$ das paisagens encontram-se afetadas por usos ou intervenções humanas, predominantemente diretas, e decorrentes de uma longa história de exploração dos recursos ambientais. Merece destacar que, mesmo na categoria *remanescente*, foi possível identificar nos trabalhos de campo, indicadores de atividades humanas, porém menos frequentes e de menor dano à vegetação.

Tabela 5.18. Composição das superfícies transformadas e remanescentes de vegetação na RPGA-MC - 2009

Superfícies transformadas	Área (km ²)	Área (%)
1. Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada	8552,92	31,46
2. Caatinga parque antropizada	3805,66	14,00
3. Agricultura e pecuária	3054,98	11,24
4. Solo exposto	2332,05	8,58
5. Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada e erosão	1035,14	3,81
6. Erosão flúvio-pluvial	706,93	2,60
7. Represa Rio São Francisco	342,28	1,26
8. Caatinga arbóreo-arbustiva, erosão e solo exposto	253,96	0,93
9. Aluvião	201,04	0,74
10. Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos	106,45	0,39
11. Área urbana	50,17	0,18
12. Mineração	19,96	0,07
Sub-total	20461,54	75,26
Remanescentes de vegetação	Área (km ²)	Área (%)
13. Caatinga arbóreo-arbustiva	3451,66	12,70
14. Caatinga arbóreo-arbustiva densa	2502,71	9,21
15. Caatinga parque	468,74	1,72
16. Caatinga arbóreo-arbustiva aberta	233,69	0,86
17. Caatinga arbóreo-arbustiva sobre afloramento	68,55	0,25
Sub-total	6725,35	24,74
Total RPGA-MC	27186,89	49,48

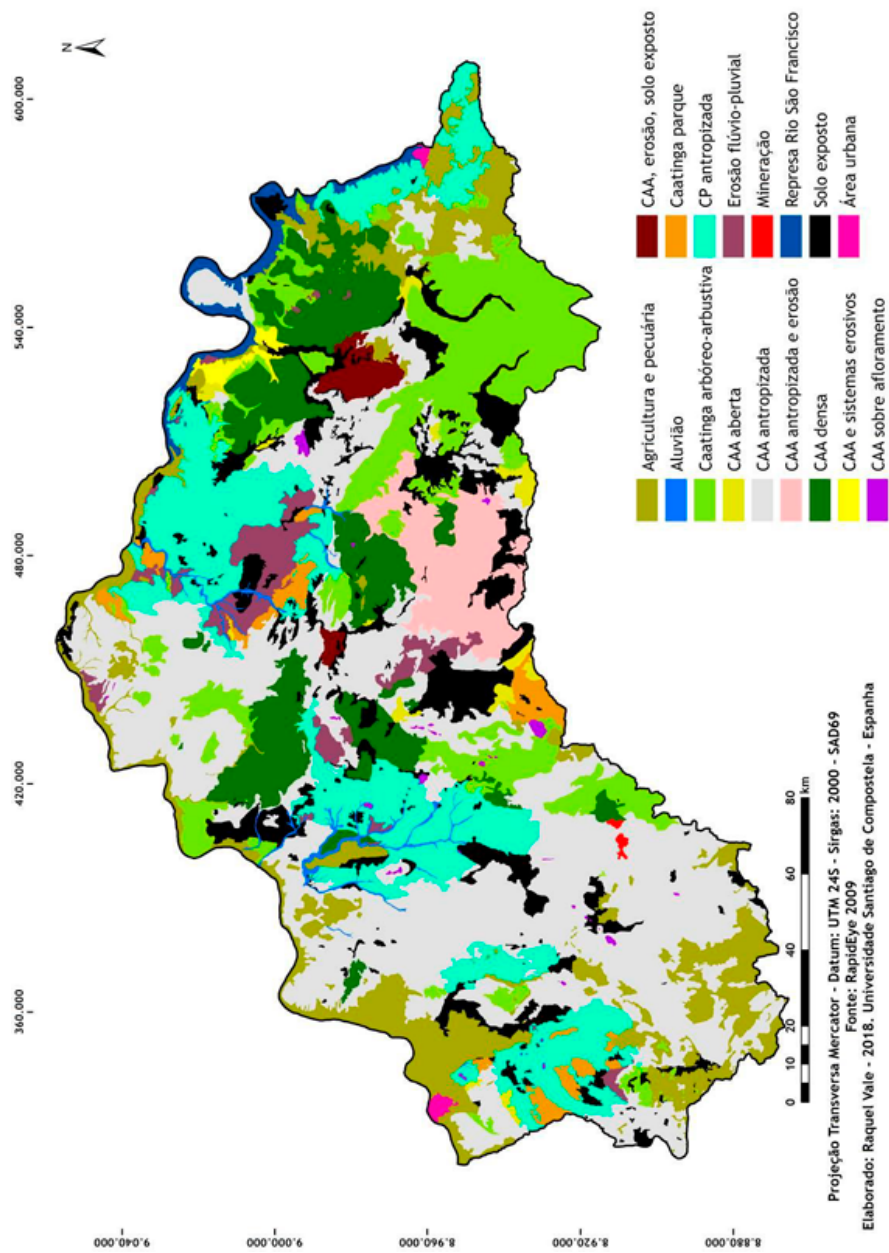


Figura 5.18. Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação - 2009

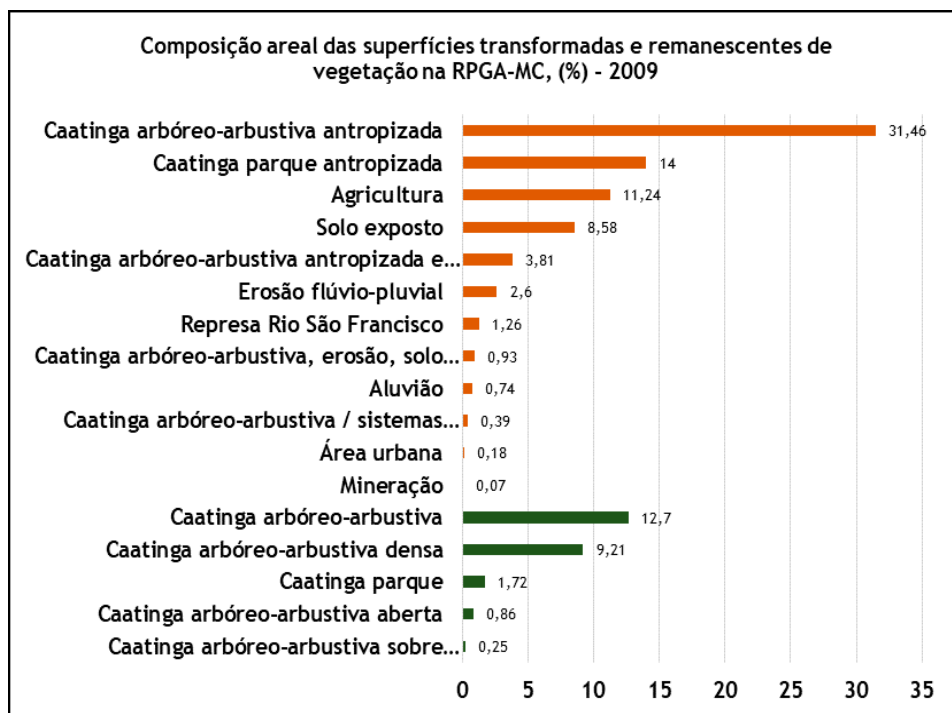


Gráfico 5.5. Composição areal das superfícies transformadas e remanescentes de vegetação na RPGA-MC, (%) - 2009

A Caatinga é, como tem sido demonstrado ao longo desta tese, sobretudo no oitavo capítulo, que discorre sobre o domínio morfoclimático semiárido, constituída por uma vegetação acentuadamente controlada por fatores topoclimáticos e edáficos, que lhes confere grande diversidade e riqueza biológica. As tranformações ocorridas em sua composição florística devidas às atividades humanas, criaram um mosaico multivariado com parâmetros espectrais diferenciados dos demais, que foram registrados pelo sensor.

Com este dado, foram mapeadas dez feições de caatingas discriminadas em função da densidade do dossel; da evidência e frequência das atividades humanas; da proporcionalidade da fragmentação da vegetação; da densidade de vegetação associada à afloramentos rochosos; da incidência de sistemas erosivos; e das evidências de solo exposto:

1. Caatinga arbóreo-arbustiva
2. Caatinga arbóreo-arbustiva aberta
3. Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada
4. Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada e erosão
5. Caatinga arbóreo-arbustiva densa
6. Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos
7. Caatinga arbóreo-arbustiva sobre afloramentos
8. Caatinga arbóreo-arbustiva, erosão e solo exposto
9. Caatinga parque
10. Caatinga parque antropizada

As demais classes constituem superfícies onde não existem dados espectrais suficientes para sugerir a presença significativa da vegetação, mas sim das atividades humanas, diretas ou indiretas. Foram denominadas:

1. Agricultura e pecuária
2. Solo exposto
3. Erosão flúvio-pluvial
4. Represa Rio São Francisco
5. Aluvião
6. Área urbana
7. Mineração

5.2.1.1 Superfícies Transformadas

A *Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada* (31,46%) e a *Caatinga parque antropizada* (14,00%) somam 45,46% da região e representam a maior área contínua de caatinga ocupada e transformada por ação humana (Figura 5.19 e 5.20). Nesta, assim como na maior parte da RPGA-MC, a pecuária extensiva e semi-extensiva figura como principal atividade produtiva.

As transformações observadas nestes subtipos de caatinga decorrem de uma miríade de danos relacionados à pecuária. Em toda a região é, senão a mais, uma das mais importantes atividades conduzidas pelas populações rurais, com características tanto de subsistência quanto comercial.



Figura 5.19. Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada por pecuária extensiva, sobre vertissolo com alta frequência de grânulos ferruginosos.

Juazeiro, depressão do Tourão, 2009.

Foto: Raquel Vale.

Coordenadas UTM: 331504 e 8941825



Figura 5.20. Caatinga parque antropizada por pecuária extensiva. Juazeiro, depressão do Tourão. 2009. Foto: Raquel Vale.
Coordenadas UTM - 345681 e 8935486

Os rebanhos encontram-se espalhados e acessam as dez subclasses de caatinga mapeadas, fonte primária de pastos para todos os animais. Resguarda-se, no entanto, que esta dinâmica flutua conforme as condições de chuva e, por conseguinte, da própria vegetação. Herbáceas, arbustivas e arbóreas oferecem espécies bem aceitas ao paladar dos rebanhos, porém pouco nutritivas, tornando o pastejo largamente itinerante, extensivo, o que vem comprometendo a riqueza das caatingas. Espécies da fauna são afetadas devido às modificações no tipo e na disponibilidade de alimentos próprios à sua dieta e tendem a buscar refúgios naturais, migrando para outras regiões. Em decorrência, tendem a desaparecer.

De todo modo, os primitivos e imensos pastos naturais garantiram e ainda se constituem fonte de alimento e água para caprinos, ovinos e bovinos. Deixá-los soltos para pastejar é tradição, e explica, em parte, o atual contexto da pecuária regional, prática herdada dos povos e comunidades tradicionais, que se constitui na base dos costumes rurais dos sertões semiáridos. Os recursos necessários para uma produção competitiva são insuficientes, ou inexistentes, o que tem preservado a tradição e mantido os animais em regime, sobretudo, extensivo, mesmo quando as propriedades são cercadas. Desta forma, observa-se que a sustentabilidade dos rebanhos e das populações rurais passaram ao longo do tempo — mais de quatro séculos — a depender fortemente deste traço cultural dos sertões.

Conforme dados discutidos no subcapítulo 3.3.2.6 os pastos naturais são predominantes e alcançam toda a região. Em número de propriedades, Macururé apresenta 86,79% ocupadas por pastos naturais, Chorrochó (77,42%), Curaçá (60,17%), Juazeiro (58,88%), Paulo Afonso (57,04%) e Glória (53,14%). Em área, quase a metade das terras rurais em Macururé (47,77%), Glória (40,94%), Paulo Afonso (40,58%) e Chorrochó (40,48%), são destinadas à pastagens naturais. Ressalta-se, que Juazeiro e, sobretudo, Macururé — com rebanhos em torno de 600.000 cabeças, metade do efetivo total da RPGA-MC, utilizam pastos naturais.

As pastagens naturais, cuja capacidade de suporte é menor do que a dos pastos plantados, são muito suscetíveis ao superpastejo e ao pisoteio. Rapidamente, o estrato herbáceo começa a se degradar e a afetar as espécies forrageiras. Estas, são as primeiras a desaparecer, o que vem a aumentar o número de herbáceas pioneiras indesejáveis — as ruderais proliferam rapidamente e concorrem com outras espécies mais importantes da caatinga. Assim, os rebanhos são forçados a deslocamentos, progressivamente maiores, para alcançar pastos com melhor oferta nutricional. Na impossibilidade, os animais são vendidos aquém do seu valor ou definham até morrer — as estimativas governamentais apontam que, de 2012 para cá, morreram mais de 7 milhões de animais no semiárido nordestino. Tamanho estresse tem tornado a caatinga cada vez mais empobrecida, decrescendo ainda mais sua capacidade de suporte e de resiliência frente ao manejo extensivo dos rebanhos.

As pastagens plantadas são raras na região, mas o seu registro evidencia que a natureza da degradação da caatinga e sua abrangência espacial, pode estar relacionada a processos de desertificação derivados do superpastejo. Destaca-se Abaré, que apesar de não possuir um grande efetivo de animais, apresenta pastos plantados e em boas condições, em 23,24% da área dos estabelecimentos rurais; em número, alcança 1,43% das propriedades. A relação *área-número* e, de acordo com dados do subcapítulo 3.2.2.4, que apontam que 26,57% da área dos estabelecimentos neste município têm entre 100 e 500 ha, demonstra que, são, principalmente nestas grandes propriedades, que existem pastos plantados; nas pequenas prevalece a prática extensionista no pasto natural. Jaguarari aparece como segunda exceção — possui 17,97% da área e 42,20% das propriedades rurais, com bons pastos plantados.

Para além da *Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada* e da *Caatinga parque antropizada*, a maior área de transformações acentuadas corresponde à *Agricultura* (11,24%). Realizada sobretudo ao longo das planícies e depressões que contornam os reservatórios das barragens e o entorno do rio São Francisco, ocupam, cada vez mais, grandes extensões de terras (Figura 5.21).

A disponibilidade de água, ainda que com graves oscilações, tornaram viáveis a irrigação de lavouras, tanto permanente quanto temporária e, nas áreas mais tecnificadas o pastoreio é muito menos frequente. Em menor escala, as beiras de rios e riachos intermitentes, em especial os terraços mais espessos e orgânicos, também são ocupados por cultivos irrigados que utilizam captação em poços artesianos.

A mão de obra presente nas atividades agrícolas, inclusive na pecuária, é predominantemente familiar, exceto nos perímetros irrigados, onde o trabalho assalariado é dominante. Dados discutidos no subcapítulo 3.2.2.4 e 3.2.2.6, apontam que Abaré, Chorrochó, Glória, Jaguarari, Macururé e Paulo Afonso, apresentam mais de 90% do número de suas propriedades rurais com agricultura familiar — ou em outros termos, a mão de obra familiar alcança cerca de metade do território da RPGA-MC — o que vem a tipificar o trabalho rural na região. A extensão das terras agrícolas destes municípios, na categoria familiar é: Glória (88,37%); Chorrochó (76,81%); Jaguarari (61,39%); Paulo Afonso (60,82%); Macururé (54,46%); Abaré (51,74%). Assim, a relação entre área e número de estabelecimentos da agricultura familiar demonstra a prevalência de propriedades rurais pequenas ou muito pequenas, visto o número de estabelecimentos ser muito superior à área destinada às atividades agrícolas.

Em situação oposta tem-se áreas onde a presença da irrigação é dominante e agrega outros valores da cadeia produtiva tecnificada onde a mão de obra familiar foi substituída, ou agregada, à empresarial. Observa-se que, apesar de incidir sobre um número pequeno de propriedades, ocupa grandes extensões de terras. Destacam-se Rodelas (5,04% em número de propriedades e 73,44% das terras agrícolas) e Juazeiro (16,08% em 66,68%). Neste caso, a relação entre área e número de estabelecimentos aponta para propriedades rurais médias ou grandes.



Figura 5.21. Uso das águas do Rio São Francisco na agricultura irrigada
Outubro.2017. Fotos: Raquel Vale

Os produtos mais cultivados na região são cebola, melancia e melão e, em Juazeiro, a cana de açúcar. A fruticultura de manga, banana, coco-da-baía e uva, desenvolvida nos perímetros irrigados de Juazeiro, Curaçá e Rodelas destacam-se e alcançam mercados

externos à região, inclusive fora do Brasi, sendo expostados para Europa, Ásia e América do Norte.

Há que se considerar que na classe *Agricultura* também se insere a agricultura de sequeiro (Figuras 5.22 e 5.23), cuja importância para os pequenos produtores rurais é vital, visto garantir a alimentação da família e também dos animais. Cultivos de feijão, milho, mandioca, palma, dentre outros, conforme apontado no subcapítulo 3.2.2.7, são recorrentes, sobretudo na Depressão do Leste, onde os efeitos de barlavento propiciam condições de menor aridez. Tratam-se de produtos de subsistência que exigem a permanência do agricultor e, muitas vezes, de toda a família, na rotina do trabalho diário da terra. Por um lado, este aspecto tem levado ao aumento gradativo da densidade das atividades rurais, mas, por outro, está ampliando a extensão das terras ocupadas, o que tem gerado maior pressão sobre os recursos ambientais, sobretudo, a vegetação, solos e água.

Tais cultivos compartilham, sazonalmente, os mesmos espaços destinados às pastagens e após a colheita e/ou períodos secos, cedem lugar para o gado, tipo de manejo rural praticado largamente no semiárido como forma de adaptação às secas e maximização do uso das terras e da produção. Constitui a principal atividade econômica para a grande maioria das populações que habitam os sertões e garantem o sustento das famílias, a não ser quando das secas severas que dizimam por completo as plantações. A flutuabilidade na produção coloca a zona rural em condição de pobreza e insegurança alimentar, podendo forçar migrações para as cidades, quando ocorrem situações mais agudas.

Ainda que as atividades rurais sejam uma alternativa frente à forte dependência econômica da região dos postos da administração pública, serviços e comércio, o sobreuso continuado das terras secas tende a exaurir os solos. A consequência é o seu abandono temporário, ou por muitos anos, e a proliferação de espécies secundárias e ruderais, em contínua sucessão biológica. Novas áreas, inclusive aquelas de maior conservação, passam a ser o alvo. Os desmatamentos avançam e o ciclo produtivo insustentável se reinicia. Os solos desnudos ampliam-se sobre áreas anteriormente vegetadas, dificultando ou impedindo a recomposição da vegetação.

Os dados apresentados nos parágrafos anteriores mostram que a *Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada*, a *Caatinga parque antropizada*, e a *Agricultura* — somam 56,70% da área total da RPGA-MC — classes estas com maior dimensão de superfícies transformadas, cuja incidência ratifica o padrão de uso das terras típico do semiárido nordestino, a pecuária e a agricultura. Juntas têm provocado danos e degradação dos solos e da caatinga, onde uma teia de processos físicos e biológicos estão conduzindo para uma dinâmica evolutiva de máxima entropia que repercute, de modo incisivo, sobre a perda de resiliência e da capacidade de suporte das paisagens. A tendência para a elaboração de superfícies expostas irreversíveis, degradadas e desertificadas, fortemente desprovidas de cobertura vegetal, é evidente.

Estas atividades têm, por consequência, levado para a exaustão dos recursos dando lugar a formação de superfícies desnudas acompanhadas de formas erosivas — classes designadas *Solo exposto* (8,58%), *Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada e erosão* (3,81%), *Erosão flúvio-pluvial* (2,60%), *Caatinga arbóreo-arbustiva, erosão, solo exposto* (0,93%), e *Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos* (0,39%). Ocorrem em 16,31% da região, tratando-se de áreas de ocupação mais antiga e com maior frequência das atividades rurais. São permeadas por processos de degradação ambiental e, ressalta-se, que a extensão deste

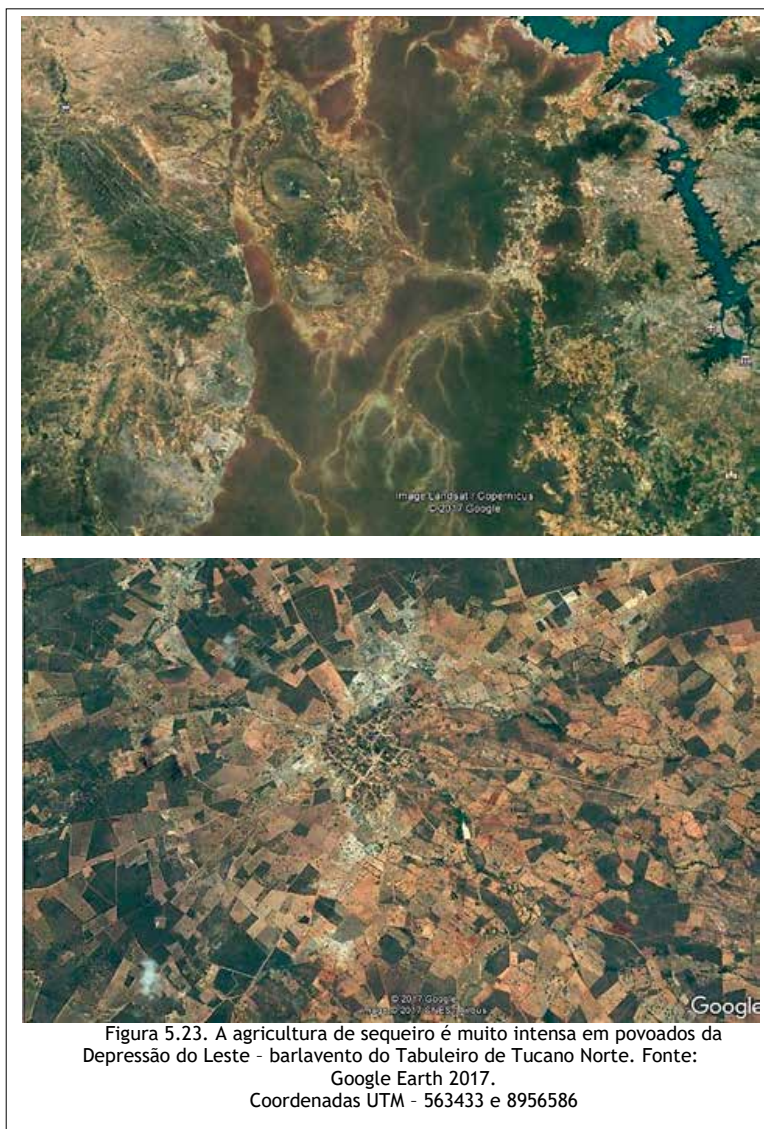
processo possa ser muito maior, visto as dificuldades encontradas para a vetorização dos polígonos, assim como, devido a escala do mapeamento.



Figura 5.22. Agricultura de sequeiro (milho e feijão) nas encostas mamelonares do barlavento do Tabuleiro de Tucano Norte. Agosto 2013.

Foto: Raquel Vale.

Coordenadas UTM - 572838 e 8893799



A classe *Solo exposto* ocorre pulverizada em toda a região, independentemente dos tipos de solo. Suas características espectrais indicam ausência ou mínima cobertura vegetal mesclada ou interdigitada com diferentes superfícies rochosas, tais como, lajedos, pavimentos detriticos pedregosos, baixos inselbergues, e areias. Sua origem está relacionada tanto a fatores naturais quanto antrópicos e, em grande parte, trata-se da soma destes dois fatores, visto a grande dinâmica das paisagens e a natureza deste ambiente semiárido.

Admite-se também que as feições erosivas associadas aos solos expostos se encontrem disseminadas em superfícies muito mais amplas do que foi alcançado pelo mapeamento. A

natureza da erosão em domínios semiáridos, mais sutil do que as incidentes em regimes subúmidos e úmidos, torna sua percepção pouco evidente. Porém, indicadores de erosão difusa, laminar, em lençol, sulcos e ravinas, foram observados em inúmeras situações — exposição de troncos e raízes; pequenos e efêmeros depósitos de sedimentos e de detritos orgânicos; e progressiva exposição de lajedos²³. Sulcos e canais de escoamento concentrado também testemunham a ação da erosão neste nível de processos.

Formas mais desenvolvidas foram identificadas nas encostas dos tabuleiros, com forte ação regressiva, sobretudo nos neossolos friáveis, sujeitos a intensa e contínua remoção de sedimentos. Esta condição permitiu melhor discriminar áreas erosivas mais extensas (Figura 5.24).

Os sedimentos são remanejados para níveis topográficos mais baixos até alcançar linhas de drenagem, onde formam espessos depósitos aluvionares. Apenas durante chuvas muito torrenciais são deslocados para jusante, porém sempre restarão volumes muito grandes de sedimentos preenchendo canais, riachos e rios. Inexoravelmente, constituem dinâmicas seculares e repetidas continuamente.

A classe *Aluvião* constitui o registro mais contundente da importância dos processos erosivos mencionados. Apesar de terem sido mapeados menos de 1% de superfícies, esta classe é muito significativa diante das análises e inferências que têm sido aqui colocadas. Foram observados em campo ao longo de todas as linhas de escoamento, inclusive de sulcos efêmeros, remanejando, por escoamento difuso, laminar e em lençol, grandes volumes de sedimentos para baixadas, planícies, terraços e leitos fluviais, onde se estabilizam até novo episódio chuvoso.

Constituem os processos iniciais de mobilização de sedimentos, que adquirem competência erosiva e capacidade de transporte notável quando ocorrem chuvas torrenciais. Os aguaceiros não se apresentam com a mesma violência em todos os períodos chuvosos, mas tipificam processos plúvio-fluviais de alta magnitude nos sertões semiáridos. Sua recorrência demonstra a essência da dinâmica geomorfológica semiárida, cuja contínua repetição constrói vastos depósitos aluvionares ao longo das baixadas e das linhas de drenagem, expressando a energia da morfogênese frente aos fatores climáticos e biológicos deste domínio.

Os trabalhos de campo registraram um mosaico de superfícies aluvionares em baixadas, sopés e rampas, planícies, terraços e leitos fluviais, e um sem-número de concavidades para as quais convergem sedimentos em trânsito, mobilizados e remobilizados continuamente. Esta rede de remanejamentos jaz no interior das bacias hidrográficas até atingirem os leitos fluviais, retroalimentando aluviões e terraços (Figura 5.25).

Presume-se, diante das avaliações, que a extensão ocupada pela classe *Aluvião* é muito maior do que a alcançada no mapeamento, uma vez que, a visualização e vetorização destes polígonos é uma tarefa bastante difícil e imprecisa. De fato, foram vetorizados os alvos mais desenvolvidos e realçados de rios e riachos, restando “ocultos” os demais. Sua extensão, reafirma-se, é muito maior, devendo ser considerada junto à análise dos processos morfogênicos da região.

²³ A maior exposição dos lajedos é referida no discurso oral dos sertanejos como o fenômeno das “pedras que crescem”, numa alusão aos efeitos da erosão areolar junto aos lajedos.

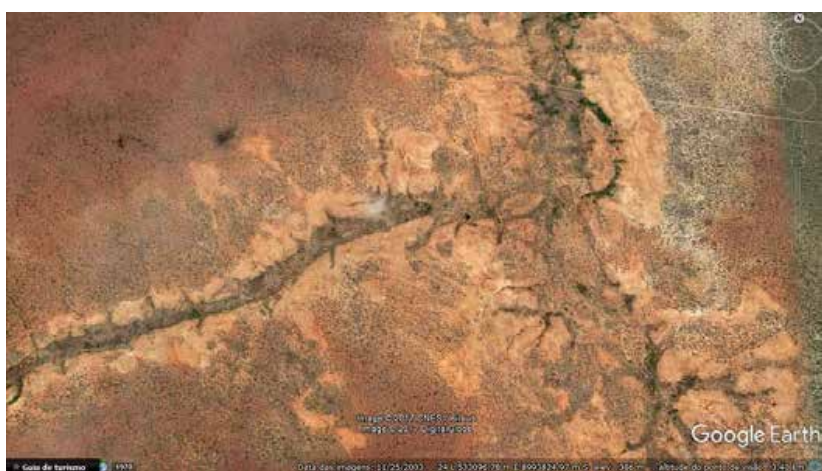


Figura 5.24. Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos, em parte naturais, em neossolos quartzarênicos da Formação Marizal.
Setor N do Tabuleiro de Tucano Norte.
Fonte: Google Earth 2017.
Coordenadas UTM 548463 e 8994872

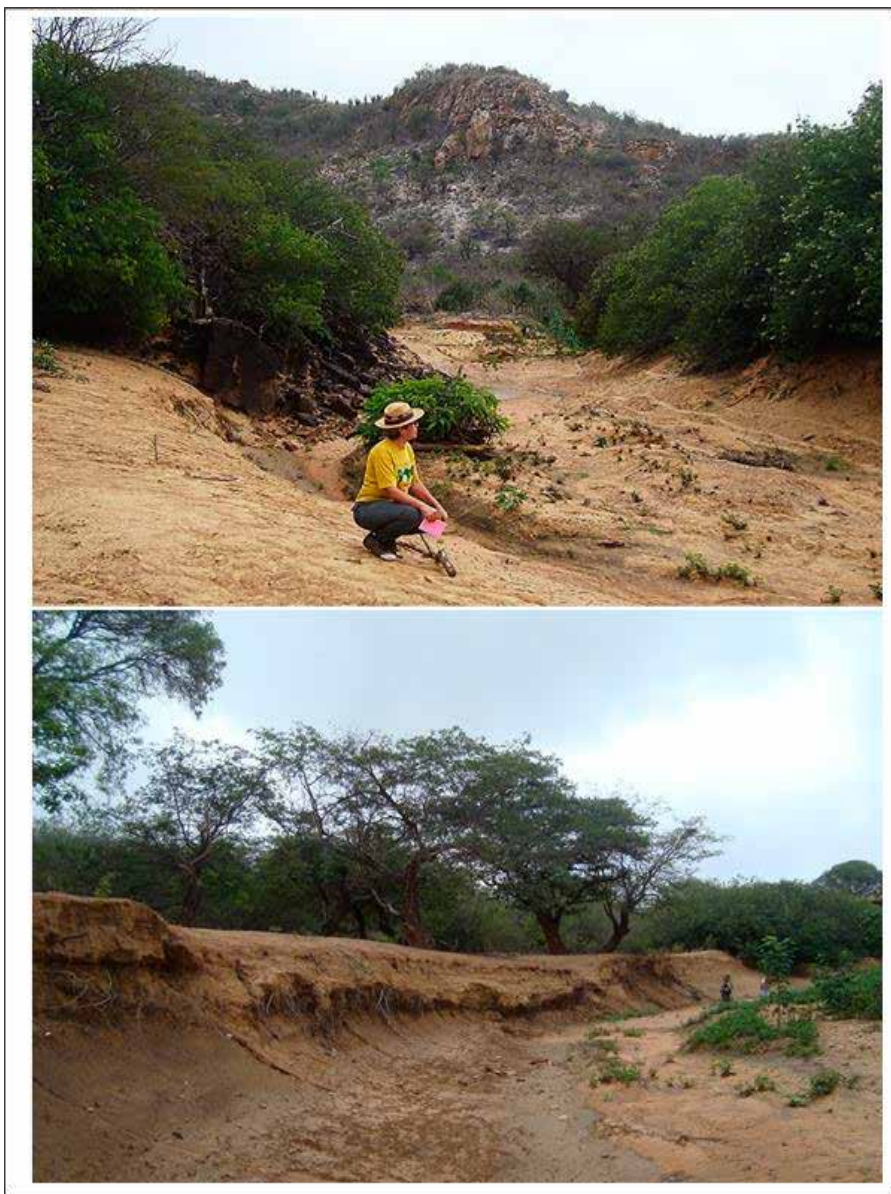


Figura 5.25. Espesso depósito aluvionar forma terraços ao longo do Rio Macururé. A caatinga arbóreo-arbustiva e florestada viceja sobre os sedimentos areno-argilosos e elaboram mata ciliar densa e sempre verde. Agosto 2013.

Foto: Raquel Vale. Coordenadas UTM - 494701e 8973390

Apesar do caráter exógeno da rede hidrográfica, as baixas precipitações e os longos períodos de seca retardam e impossibilitam a remoção dos sedimentos que tendem a se

acumular e a coalescer, dando forma à pedimentos. Somente em condições episódicas de chuvas torrenciais é que são registrados transportes expressivos, contudo, neutralizados, tão logo, cessem as pancadas d'água. Ou seja, os imperfeitos e incompletos processos de transporte geram uma dinâmica geomórfica que tende à acumulação, uma característica marcante e exaustivamente estudada, da morfogênese dos domínios semiáridos, responsável pela elaboração de vastas superfícies pediplanadas.

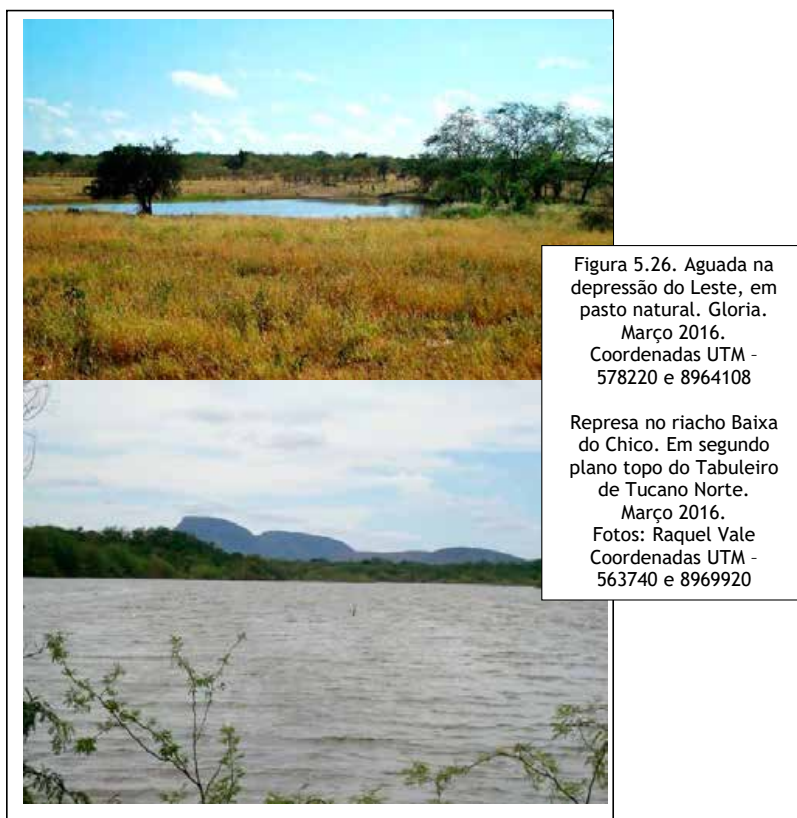
Em concordância ao discorrido no subcapítulo 3.2.2.8 é possível atribuir à pecuária parte significativa na indução destes processos, visto ser o uso destas terras muito antigo. Os dados históricos fazem referência ao século XVI, quando da fundação da Casa da Torre, que trouxe para o vale do rio São Francisco os primeiros rebanhos de caprinos, ovinos e bovinos. Os danos advindos para o sistema vegetação, solo e água são evidenciados pela perda de resiliência, notadamente, pelo declínio da diversidade biológica, mineralização dos solos, e esgotamento das zonas de recarga hídrica.

O subcapítulo 3.2.2.6 faz menção à existência de *terras inaproveitáveis para agricultura*, que atingem, em área e em número de estabelecimentos, principalmente quatro municípios — Chorrochó (8,37% e 32,17%), Macururé (2,34% e 18,92%), Juazeiro (2,85% e 12,81%) e Abaré (8,00% e 10,34%). As espontaneamente declaradas *degradadas por erosão, desertificação e salinização* atingem dois municípios — Abaré (2,27% e 5,95%) e Macururé (0,76% e 4,49%). É seguro admitir que as classes mapeadas como *Solo exposto, Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada e erosão, Erosão flúvio-pluvial, Caatinga arbóreo-arbustiva, erosão, solo exposto, e Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos*, correspondem às terras mencionadas nos dados censitários, informação que aponta para processos graves de degradação, possivelmente, desertificação.

Diante do exposto, pondera-se sobre a fragilidade ambiental das caatingas diante das pressões exercidas pelas atividades rurais, sobretudo, pela pecuária. Solos mais vulneráveis degradam-se mais rapidamente; situações de maior aridez inibem os processos biológicos e químicos. Outros fatores, sobretudo físicos, encontram-se também no cerne desta questão. A relação entre o uso das terras e a extensão dos solos desnudos, resguardando-se os de gênese natural, torna-se, pela análise dos dados, incontestável e ratifica a premissa de que a fragilidade do bioma caatinga é, de fato, importante. Sua regeneração é lenta, pois depende das chuvas, das formas de dispersão das sementes, da existência de um banco de sementes saudáveis no solo e da rebrota de tocos e raízes. Portanto, diante da magnitude dos usos que lhe são imputados, a capacidade de suporte ambiental das caatingas está sendo ultrapassada e dando origem a superfícies degradadas, expostas e desertificadas.

A classe *Área urbana* corresponde exclusivamente às cidades-sede dos municípios e somam menos de 1% da região, ou 50,17 km². Dimensões tão pequenas refletem as baixas taxas de povoamento do semiárido baiano e, principalmente, do nordeste do estado, região onde se localiza a RPGA-MC. Entretanto, o número de povoados mapeados foi expressivo — 96 — localizados sobretudo na porção sul-ocidental da região. As dinâmicas próprias das populações que habitam estes povoados, muito dependentes das cidades, cria uma rede de caminhos e trilhas conectada a elas, bem como, às áreas de produção, tais como, pastos, lavouras, represas e aguadas. Esta rede é profusa e expressiva e se expande na medida das necessidades socioeconômicas e ambientais, sendo menos densa apenas na bacia do rio Macururé, setor de maior aridez.

Para além do imenso espelho água dos reservatórios do rio São Francisco foram mapeadas 1915 represas e inúmeras aguadas distribuídas principalmente nas depressões (Figura 5.26). O grande número destes pequenos reservatórios, somado ao de povoados, demonstram a presença das atividades humanas e o quanto a região vem sendo transformada. Se distribuem por toda a região e são indicativas da intensidade das atividades rurais conduzidas pela pecuária e agricultura. Exceções só são observadas no tabuleiro e sistemas de serras e serrotes, cuja acessibilidade impedi ou dificulta a ocupação.



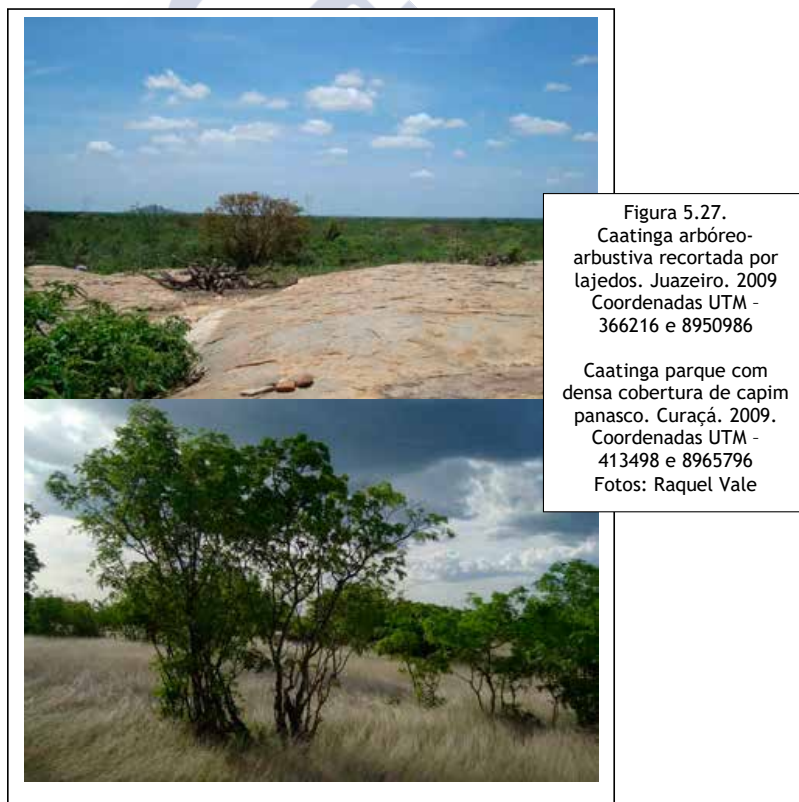
Uma única área foi mapeada na classe *Mineração*, porém, segundo dados do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (Sigmine) do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM) existem, dentro dos limites territoriais da RPGA-MC, 1247 processos cadastrados, em sua maioria, para minério de cobre, cobre, minério de ferro, mármore e fosfato, localizados no setor ocidental da região, sobretudo na bacia do rio Curaçá. A maioria destes processos encontram-se na fase de pesquisa, contudo, a expansão do setor minerário na Bahia tem sido crescente e o estado já é o terceiro no *ranking* nacional. Na hipótese de haver autorização para lavra e tornem-se de fato áreas de exploração, as condições ambientais na região sofrerão severas transformações, cuja magnitude poderá conduzir para dinâmicas de desertificação. O grau excessivamente elevado dos danos decorrentes da mineração tem uma

forte correlação com a degradação aguda da paisagem e atinge toda a cadeia sistêmica que a constitui.

Em campo, foram visualizados inúmeros pontos de extração de areia e pedra, sobretudo, nos leitos fluviais, serrotes e inselbergues, mas impossíveis de vetorização na escala de mapeamento aqui adotada. É uma atividade recorrente em toda a região e se caracteriza por sua diversidade, indo de lavras quase artesanais até instalações maiores e mais tecnificadas.

5.2.1.2 Remanescentes de Vegetação

Os remanescentes de vegetação (Figura 5.27) são muito pouco representativos na região, apenas 24,74% de fragmentos, associados geralmente à relevos de menor acessibilidade ou em unidades protegidas. 12,70% correspondem à *Caatinga arbórea arbustiva*; 9,21% à *Caatinga arbórea arbustiva densa*; e 0,86% à *Caatinga arbórea arbustiva aberta*, que juntas cobrem 22,77% da região. A *Caatinga parque* está restrita a apenas 1,72% e, sobre afloramentos rochosos, inselbergues e serrotes, foi possível mapear 0,25% de *Caatinga arbórea arbustiva sobre afloramentos*.



A *Caatinga arbórea arbustiva* e a *Caatinga arbórea arbustiva densa* foram discriminadas em função da densidade da vegetação e continuidade espacial da cobertura; as diferenças entre uma classe e outra são sutis. A âncora utilizada para dirimir dúvidas na vetorização destes polígonos na imagem de satélite foi a textura e a cor dos alvos. As caatingas mais ou menos densas foram, deste modo, identificadas e separadas. Sobre o tabuleiro encontram-se as maiores densidades, cuja preservação se deve não apenas às possibilidades de acesso, mas sobretudo à presença das terras indígenas e à Estação Ecológica do Raso da Catarina — cerca de metade desta UC está localizada dentro da RPGA-MC. Cercada ao sul, por outras duas unidades estaduais, tais áreas protegidas formam um conjunto de grande valor ambiental e que têm conservado remanescentes importantes de caatingas.

Orientada pelos mesmos critérios, a *Caatinga arbórea arbustiva aberta*, correspondeu às superfícies onde a caatinga apresenta menor densidade de cobertura e maior espaçamento entre as plantas. Em consequência há maior exposição à luz solar, aumentando a reflectância do solo.

Como comentado neste capítulo é possível atribuir tais características tanto à fitofisionomia natural da caatinga arbórea arbustiva, bem como, às atividades humanas. Ao retirar lenha e madeira, abrir trilhas e clareiras, proporcionar o pastejo, e outros tantos manejos, contribui para reduzir a densidade das coberturas de caatinga, tornando-a menos arbórea e, por conseguinte, mais arbustiva e herbácea. A tradição e a pobreza da zona rural respondem por expressiva retirada de lenha para usos diversos, sobretudo, nas cozinhas domésticas, fornas de padarias e pizzarias.

Os remanescentes de *Caatinga parque* são muito exíguos, somente 1,72%. Sua área de ocorrência foi delimitada pela presença do capim panasco que reflete uma textura lisa e esbranquiçada na imagem de satélite. Este estrato gramíneo forma uma densa cobertura sépia, no período seco, típico da caatinga parque.

A *Caatinga arbórea arbustiva sobre afloramentos*, é avaliada, assim como as demais, como importante remanescente biológico, apesar da sua exígua abrangência areal, 0,25%. Destaca-se, que tal como os *Aluviões*, estas coberturas sejam mais extensas, em razão da dificuldade de visualizá-las nesta escala de mapeamento. Os levantamentos de campo atestaram serrotes, inselbergues e lajedos de pequenas dimensões recobertos por caatinga, muitas vezes, densa.

Todos estes remanescentes revelam que, em que pese a relevância e a extensão das terras agro-ocupadas, a região ainda tem uma importante porção de seu território recoberta por vegetação. Nos dados censitários são denominadas “matas e/ou florestas naturais”, como apresentado no subcapítulo 3.2.2.6. As maiores extensões ocorrem em Rodelas, onde 60,98% do município mantém a vegetação natural em 5,37% dos estabelecimentos rurais. Constituem, em razão do pequeno percentual do número de propriedades, grandes remanescentes contínuos e com baixa fragmentação, de grande interesse biológico, e que integram áreas mapeadas pelo MMA em 2007, e decretadas Corredor Ecológico.

O município é dos menos importantes no que se refere ao efetivo de rebanhos, sobretudo bovino. Assim, é possível correlacionar os dados e inferir que a baixa incidência do pastejo implica na maior capacidade de suporte da caatinga parque e contribui de modo decisivo para sua preservação.

São também significativos os percentuais, em área, das matas e/ou florestas naturais, nos municípios de Juazeiro (21,01%), Jaguarari (20,38%) e Paulo Afonso (20,32%). Em número de estabelecimentos, a maioria apresenta dados bem razoáveis: em torno de 20% em Chorrochó e Jaguarari; 26,84% em Juazeiro e quase 40% em Macururé. Abaré e Curaçá encontram-se numa posição extremamente desfavorável — menos de 3% tanto em área quanto em número de estabelecimentos — bem como Glória, em torno de 10%.

As matas e/ou florestas destinadas à preservação permanente ou à reserva legal, também discutidas no subcapítulo 3.2.2.6, são irrelevantes em todos os municípios e apontam para a baixa regularização das terras que devem ter preservadas sua vegetação, conforme recomenda o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e o Código Florestal. Somente Chorrochó e Curaçá apresentam valores um pouco mais importantes — 10% dos estabelecimentos rurais protegem a vegetação. Entretanto, diante do contexto municipal e regional, este percentual é muito pequeno.

5.2.1.3 Composição, por categoria, das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação

As avaliações feitas até este ponto consideraram os valores em km² e em percentuais de cada polígono das diferentes coberturas transformadas e dos remanescentes de vegetação mapeados na RPGA-MC, tendo por referência a área total desta região. Porém, para se atingir uma compreensão da representatividade destas coberturas *per si*, os dados foram recalculados em função das duas categorias de paisagens discriminadas no Mapa 10.1, ou seja, *superfícies transformadas* ou *remanescentes de vegetação*. Desta forma, foi alcançada uma outra perspectiva analítica que realçou a importância intrínseca a cada uma destas categorias (Tabela 5.19 e Gráficos 5.6 e 5.7).

Tabela 5.19. Composição, por categoria, das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação - 2009

Superfícies transformadas	Área (km²)	Área (%)
1. Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada	8552,92	41,80
2. Caatinga parque antropizada	3805,66	18,60
3. Agricultura	3054,98	14,93
4. Solo exposto	2332,05	11,40
5. Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada e erosão	1035,14	5,06
6. Erosão flúvio-pluvial	706,93	3,45
7. Represa Rio São Francisco	342,28	1,67
8. Caatinga arbóreo-arbustiva, erosão e solo exposto	253,96	1,24
9. Aluvião	201,04	0,98
10. Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos	106,45	0,52
11. Área urbana	50,17	0,25
12. Mineração	19,96	0,10
Sub-total	20461,54	100
Remanescentes de vegetação	Área (km²)	Área (%)
13. Caatinga arbóreo-arbustiva	3451,66	51,32
14. Caatinga arbóreo-arbustiva densa	2502,71	37,21
15. Caatinga parque	468,74	6,99
16. Caatinga arbóreo-arbustiva aberta	233,69	3,47
17. Caatinga arbóreo-arbustiva sobre afloramento	68,55	1,01
Sub-total	6725,35	100
Total	27186,89	200

Dentre as superfícies transformadas (Gráfico 5.6), a *Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada*, a *Caatinga parque antropizada*, a *Agricultura* e o *Solo exposto*, representam 86,73%, ou seja, perto de 90% desta categoria está afetada por atividades humanas diretas e/ou indiretas.

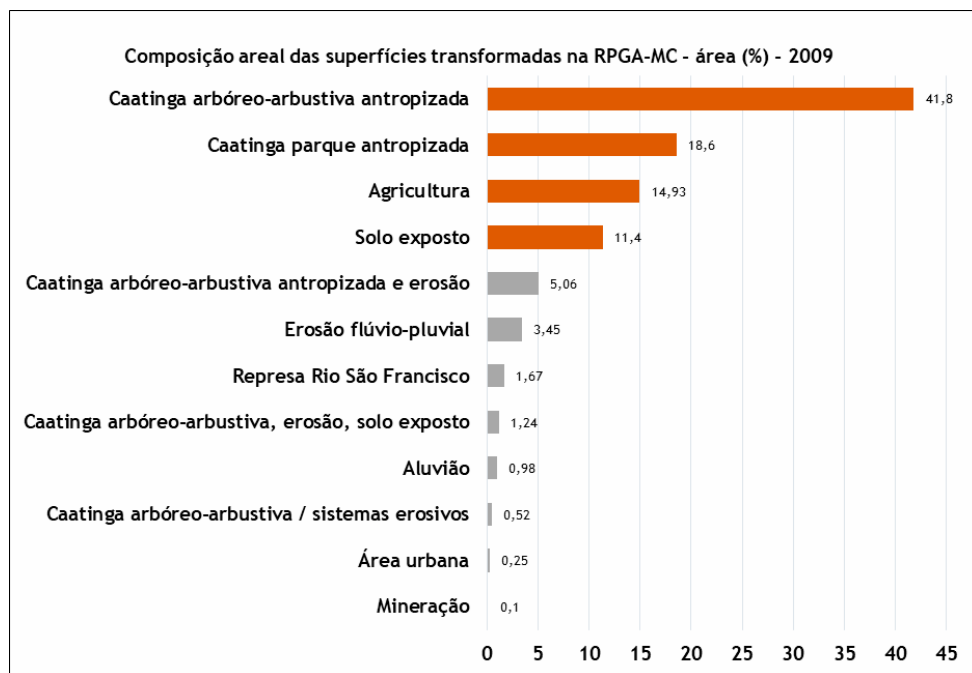


Gráfico 5.6. Composição areal das superfícies transformadas na RPGA-MC, (%) - 2009

A *Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada* é ainda a que ocupa a maior área da referida categoria, 8.552,92 km², o que equivale à 41,80%. Sua distribuição espacial é bastante difusa em toda a região, mas não compartilha os mesmos espaços da caatinga parque.

As feições antropizadas ocorrem nas depressões interplanálticas e sobre os tabuleiros, ambas, zonas de pastejo e plantio. Com menor abrangência, mas não menos importantes, figuram a *Caatinga parque antropizada* com 3.805,66 km² ou 18,60%, a *Agricultura* com 3.054,98 km² ou 14,93%, e o *Solo exposto* com 2.332,05 km² ou 11,40% (Tabela 5.19 e Gráfico 5.6).

A informação intrínseca a esse dado aponta e valida a premissa da forte correlação entre os danos e degradações ambientais com os usos praticados na região. As plantas da caatinga têm forte dependência dos fatores ecológicos, mas cada vez mais, observa-se que as intervenções humanas e as formas com que as terras são ocupadas e manejadas são fatores também controladores.

A composição areal dos remanescentes de vegetação (Tabela 5.19 e Gráfico 5.7) mostra que a *Caatinga arbóreo-arbustiva* recobre 51,32%, enquanto que a *Caatinga arbóreo-arbustiva densa*, 37,21%, figurando desta forma como a fitofisionomia de caatinga mais

importante da região. Juntas representam 88,53% de todos os remanescentes de vegetação que ainda subsistem dentro da RPGA-MC, preservadas, sobretudo, nas Unidades de Conservação, topos de serras, tabuleiros e serrotes.

As demais classes, *Caatinga parque*, *Caatinga arbóreo-arbustiva aberta*, e *Caatinga arbóreo-arbustiva sobre afloramento* revestem apenas 11,47% da região. Mas, ressalta-se que apesar dos percentuais aparentemente pouco importantes — 6,99% — os remanescentes de *Caatinga parque* constituem as extensões mais importantes desta fitofisionomia no estado da Bahia. Assim, suas áreas de ocorrência devem receber atenção especial.

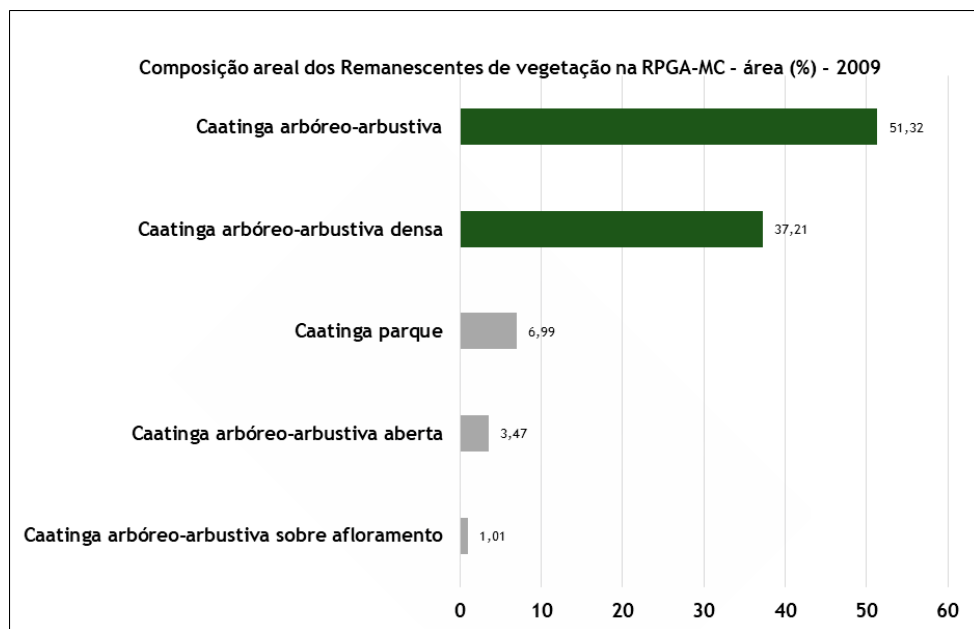


Gráfico 5.7. Composição areal dos remanescentes de vegetação na RPGA-MC, (%) - 2009

5.2.2 Superfícies transformadas e remanescentes de vegetação mapeadas a partir das imagens do sensor landsat - 1973, 1990/92, 2001, 2016

As imagens do sensor Landsat 1/MSS, Landsat 5, 7 e 8 foram também abertas no *classic* do ENVI 5.1, para daí serem exportadas para o ArcMap 10.3 onde foram georreferenciadas a partir do *Google Earth* e mosaicadas. A série 1/MSS foi aplicada a composição colorida RGB-473 e às demais 574.

A imagem de 1973 apresenta uma qualidade espectral muito ruim, mas foi utilizada por ser o único e mais antigo dado espectral disponível da série Landsat. A de 1990, de tecnologia um pouco mais avançada, estão melhores e as de 2001 e 2016, apresentam, comparativamente, qualidade muito superior. Deste modo, foi possível avaliar as mudanças pelas quais a região vem passando ao longo do tempo e atender ao objetivo de analisar a intensidade das transformações e as condições dos remanescentes de vegetação na RPGA-MC.

A fotointerpretação destas imagens foi orientada pelo mapa Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação, contudo, a menor resolução espacial dos sensores Landsat não permitiu detalhar os alvos da mesma forma com que o foram nas imagens RapidEye. Por tais motivos, o número de classes mapeadas foi modificado, conforme Tabela 5.20.

Tabela 5.20. Classes de superfícies transformadas e remanescentes de vegetação mapeadas nas imagens Landsat

1973	1990	2001	2016
Agricultura e pecuária	Agricultura e pecuária	Agricultura e pecuária	Agricultura e pecuária
Aluvião	Aluvião	Aluvião	Aluvião
Caatinga arbóreo-arbustiva	Caatinga arbóreo-arbustiva	Caatinga arbóreo-arbustiva	Caatinga arbóreo-arbustiva
Caatinga arbóreo-arbustiva aberta	Caatinga arbóreo-arbustiva aberta	Caatinga arbóreo-arbustiva aberta	Caatinga arbóreo-arbustiva aberta
Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada	Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada	Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada	Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada
Caatinga arbóreo-arbustiva densa	Caatinga arbóreo-arbustiva densa	Caatinga arbóreo-arbustiva densa	Caatinga arbóreo-arbustiva densa
Caatinga parque	Caatinga parque	Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos	Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos
Mineração	Caatinga parque antropizada	Caatinga parque	Caatinga parque
Solo exposto	Mineração	Caatinga parque antropizada	Caatinga parque antropizada
-	Solo exposto	Mineração	Mineração
-	-	Solo exposto	Solo exposto

O processo de mapeamento das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação por meio das imagens do sensor Landsat foi muito menos preciso do que o realizado nas imagens RapidEye, devido a sua baixa resolução espacial e espectral. Além do mais, as imagens de 1973 apresentam uma qualidade muito ruim, com inúmeros ruídos derivados da baixa tecnologia do sensor MSS 1, que não puderam ser eliminados ou minizados, com a aplicação de filtros. As demais — 1990/92, 2001, 2016 — apresentaram qualidade progressivamente melhor.

De qualquer forma, a vetorização foi menos precisa e mais generalizada resultando num menor número de classes mapeadas. Em que pese tais considerações, os resultados trouxeram dados significativos para a análise da evolução temporal das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação, e evidenciou o grande e contínuo processo de ocupação e uso das terras na região (Tabela 5.21 e Figuras 5.28 a 5.31).

Tabela 5.21. Composição das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação. Landsat - 1973, 1990/92, 2001, 2016 (percentuais)

Classes	1973	1990/92	2001	2016
Agricultura e pecuária	6,03	10,69	14,08	15,96
Aluvião	0,52	0,29	0,29	0,20

Caatinga arbóreo-arbustiva	33,12	14,77	13,56	13,16
Caatinga arbóreo-arbustiva aberta	1,81	1,01	1,01	1,01
Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada	8,19	28,07	29,72	28,79
Caatinga arbóreo-arbustiva densa	24,71	19,42	16,62	16,49
Caatinga parque	23,94	18,83	17,78	17,78
Caatinga parque antropizada	0	3,03	3,05	3,03
Mineração	0,05	0,06	0,06	0,06
Sistemas erosivos	0	0,71	0,71	0,71
Solo exposto	1,63	3,12	3,12	2,81
Total	2073	100	2101	2116

As classes de maior extensão territorial, em toda a série temporal, correspondem à Agricultura e pecuária, Caatinga arbóreo-arbustiva, Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada, Caatinga arbóreo-arbustiva densa, e Caatinga parque.

Em 1973, a região encontrava-se amplamente recoberta por Caatinga arbóreo-arbustiva e Caatinga parque, que somavam 81,77% de superfícies vegetadas, ou seja, as atividades humanas eram bastante incipientes e restritas às margens do Rio São Francisco e ao reservatório de Sobradinho, próximo à Juazeiro. Nos anos finais de 1960 e, principalmente, no início da década de 1970, o entorno deste lago passou a receber agrovilas e fazendas, que instalaram a agricultura irrigada e passaram a dinamizar a região.

Os dados relativos ao ano de 1990/92 mostra uma situação completamente diferenciada — grande expansão das áreas de agricultura e pecuária e, contrapartida, grande redução da vegetação, sobretudo, com forte aumento das áreas de Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada.

A construção da barragem de Luís Gonzaga, nos anos de 1980, inundou uma vasta extensão de terras às margens do rio São Francisco, propiciando uma forte expansão da agricultura irrigada, que passou a predominar, quase sem interrupções, de Juazeiro até Paulo Afonso. O maior dinamismo da economia agrícola se reverteu na criação de melhor infraestrutura regional, que, pode minimizar o processo migratório na região. Esta conjuntura econômica e social, mais favorável, abriu novas perspectivas nas cadeias produtivas, adensou as áreas ocupadas por povoados, estradas e caminhos. A transformação das paisagens foi profunda e irreversível, com claros sinais de antropização e fragmentação, identificados e vetorizados nas imagens dos anos subsequentes.

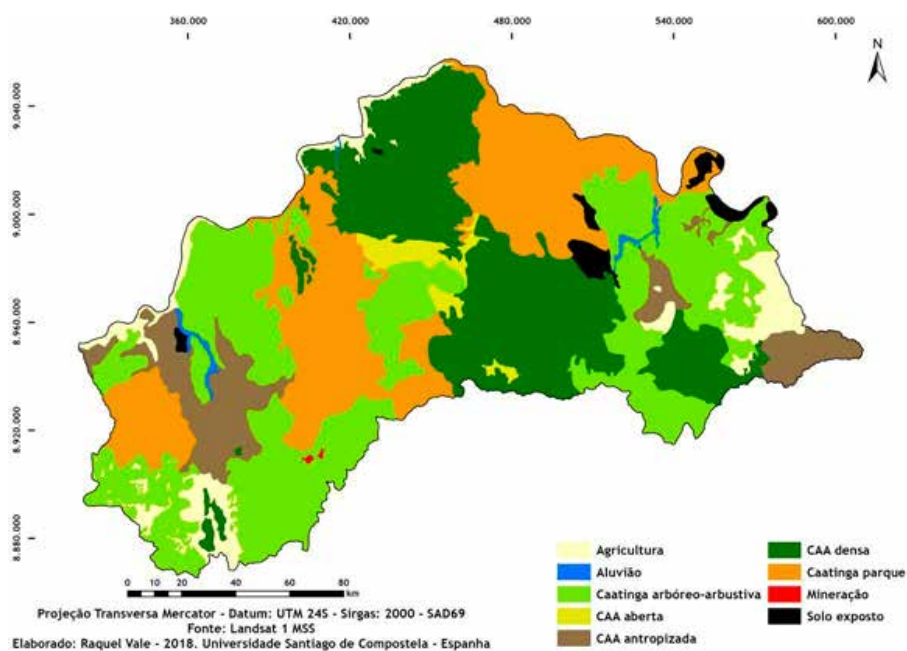


Figura 5.28 - Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação - 1973

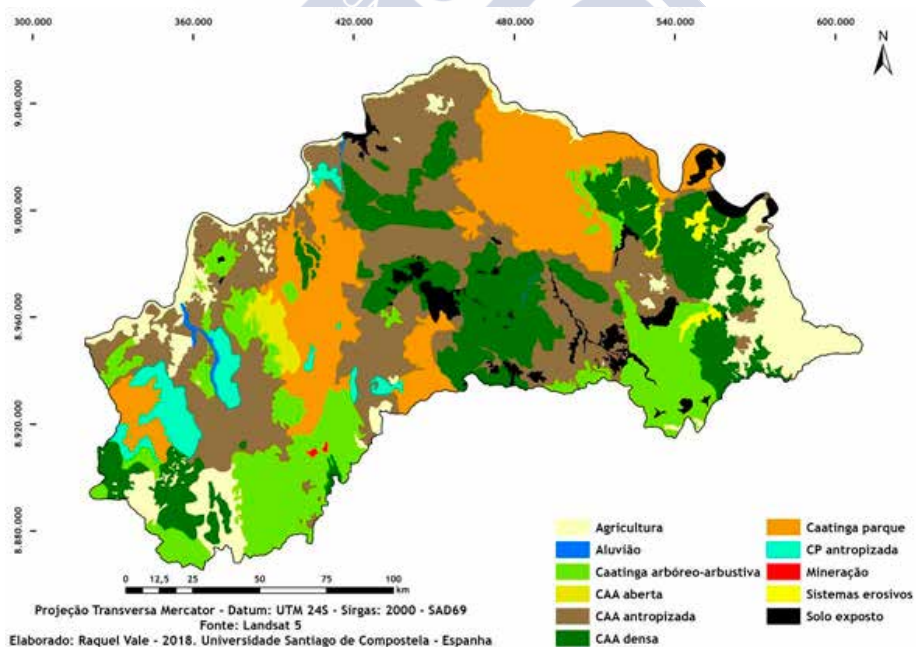


Figura 5.29 - Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação - 1990/92

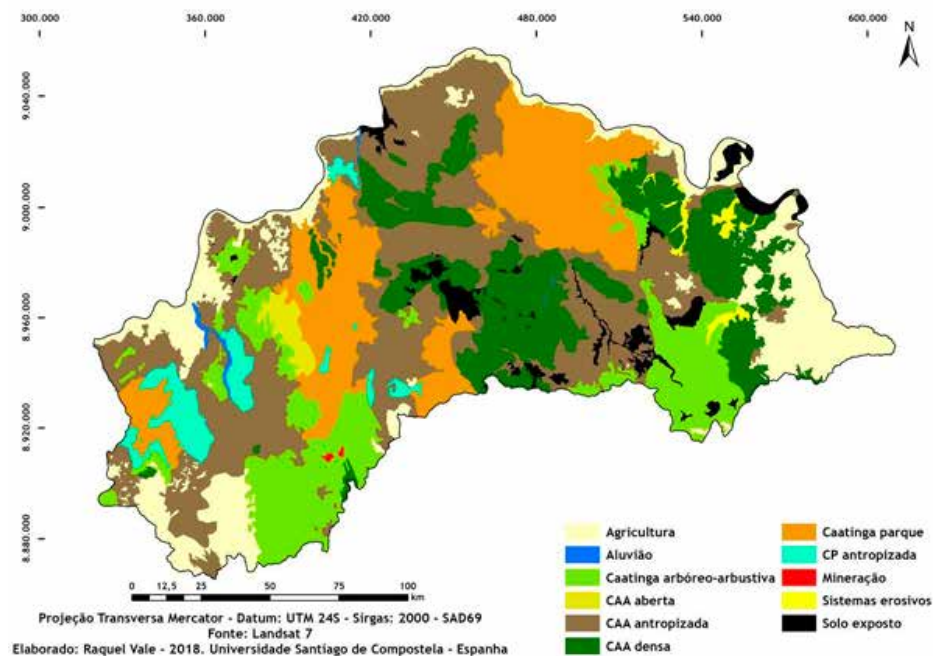


Figura 5.30 - Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação - 2001

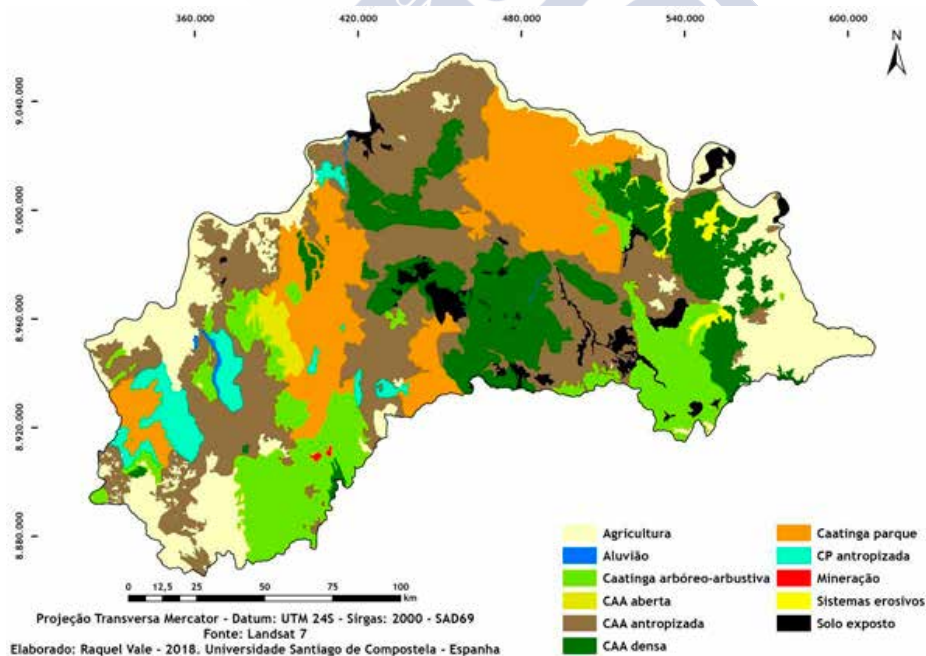


Figura 5.31 - Mapa das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação - 2016

As dinâmicas espaciais produzidas nos anos de 1980 foram, progressivamente, consolidadas e identificadas nas imagens de 1990/92, 2001 e 2016, cujos dados apontam para uma história de transformações persistentes e de grande transformação — os espaços ocupados pela vegetação diminuem, e, destaca-se que a Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada, tem seus espaços muito ampliados, saindo de 8,19%, em 1973, para próximo a 30% nas décadas seguintes (Gráfico 5.8).

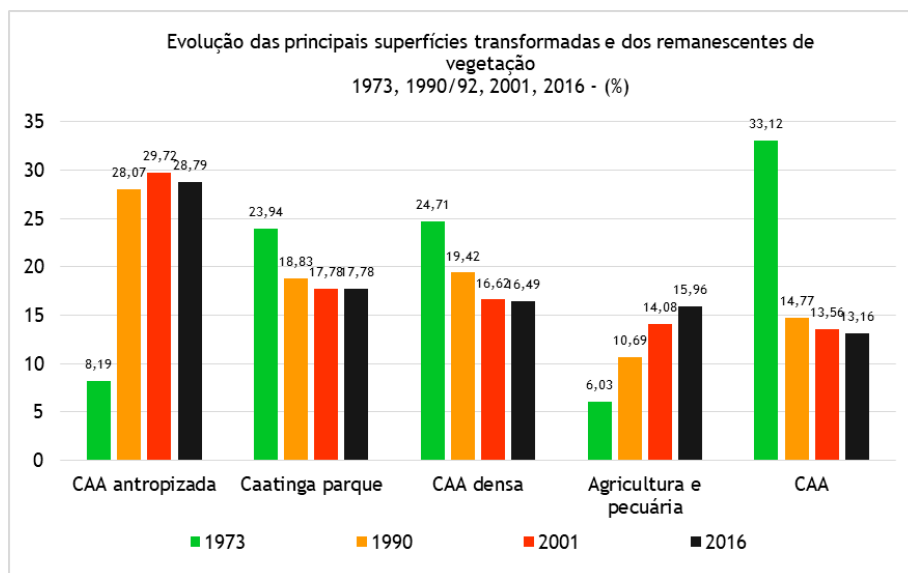


Gráfico 5.8. Evolução das principais superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação 1973, 1990/92, 2001, 2016 - (%)

Os dados analisados até aqui, produzidos pela fotointerpretação das imagens dos satélites RapidEye e Landsat, espacializaram os principais tipos de transformações ocorridas na RPGA-MC e, em paralelo, buscou identificar os remanescentes mais extensos da vegetação, na perspectiva de compreender como se encontra o atual cenário ambiental das paisagens dominantes na região.

As evidências mais significativas das transformações humanas diretas e/ou indiretas encontram-se na expressiva extensão das superfícies transformadas. As dinâmicas socioeconômicas, nas menores vilas e povoados, até nas maiores aglomerações e cidades, se refletem nas formas de ocupação do espaço e no arranjo espacial das categorias, *transformadas* ou *remanescentes*, constituindo indicadores socioambientais da paisagem. Trata-se de observar, na escala local, a intensidade das mudanças — já ocorridas e em curso — para procurar conexões com os processos de desertificação, propósito principal desta tese.

A Tabela 5.22 apresenta o arranjo espacial, por município, e discrimina os principais indicadores de *transformação* (superfícies transformadas) e os de *conservação* (remanescentes de vegetação). A ampla distribuição destes indicadores em todos os municípios, dificulta precisar uma hierarquia, porém, o registro de superfícies com *solo exposto*; *erosão flúvio-pluvial*; *pastagens plantadas degradadas*; *terras inaproveitáveis para*

a pecuária e cultivos; terras degradadas por erosão, desertificação e salinização, evidencia o quanto a região está degradada.

Demonstra que as atividades humanas predominam em meio a reduzidos e fragmentados remanescentes de caatinga e que a exploração dos recursos ambientais, ainda em curso, segue modificando e transformando as paisagens da região. Tais espaços ainda preservam características ecológicas importantes, sobretudo nas áreas protegidas, nos *hábitats* geomorfológicos de serras, serrotes e inselbergues.

Tabela 5.22. Arranjo espacial municipal das superfícies transformadas e dos remanescentes de vegetação

	Indicadores de transformação	Indicadores de conservação
Abaré	Agricultura irrigada Pecuária extensiva Predomínio de pastagens naturais (CS - 1,8) Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada Caatinga parque antropizada Solo exposto e erosão flúvio-pluvial (presença de terras degradadas e inaproveitáveis)	Fragmentos de caatinga
Chorrochó	Agricultura Pecuária extensiva Predomínio de pastagens naturais (CS - 4,2) Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada e erosão Caatinga parque antropizada Solo exposto e erosão flúvio-pluvial (presença de terras degradadas e inaproveitáveis)	Protege cerca de 10% da vegetação em áreas de preservação permanente ou reserva legal
Curaçá	Agricultura Pecuária extensiva Predomínio de pastagens naturais (2º maior rebanho; CS - 2,3) Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada Caatinga parque antropizada Caatinga arbóreo-arbustiva aberta Solo exposto Erosão flúvio-pluvial	Apresenta cerca de 20% da área das propriedades rurais cobertas por vegetação
Glória	Agricultura Pecuária extensiva Predomínio de pastagens naturais (CS - 3,1) Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada Caatinga parque antropizada Solo exposto	Fragmentos de caatinga
Jaguarari	Agricultura Pecuária extensiva Predomínio de pastagens naturais (CS - 3,9) Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada Solo exposto Mineração	Apresenta cerca de 20% da área das propriedades rurais cobertas por vegetação
Juazeiro	Agricultura Pecuária extensiva Predomínio de pastagens naturais (1º maior rebanho CS - 1,6) Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada Caatinga parque antropizada Solo exposto	Apresenta cerca de 20% da área das propriedades rurais cobertas por vegetação
Macururé	Agricultura Pecuária extensiva Predomínio de pastagens naturais (3º maior rebanho, CS - 2,9) Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada Caatinga parque antropizada Caatinga arbóreo-arbustiva aberta Solo exposto; erosão flúvio-pluvial (presença de terras degradadas e inaproveitáveis)	Protege cerca de 10% da vegetação em áreas de preservação permanente ou reserva legal

Paulo Afonso	Agricultura Pecuária extensiva Predomínio de pastagens naturais (CS - 2,3) Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada Caatinga parque antropizada	Apresenta cerca de 20% da área das propriedades rurais cobertas por vegetação
Rodelas	Agricultura Pecuária extensiva Predomínio de pastagens naturais (CS - 13,9) Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada Caatinga parque antropizada Caatinga arbóreo-arbustiva aberta Solo exposto Caatinga arbóreo-arbustiva, erosão e solo exposto Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos	Existência da Estação Ecológica do Raso da Catarina e de territórios indígenas

CS: Capacidade de suporte

5.3 As variáveis topográficas: Morfografia, morfometria e morfodinâmica

As metodologias de mapeamento geomorfológico no Brasil estão apoiadas nos pensamentos fundantes da Geomorfologia Brasileira, uma vez que foram eles que direcionaram as bases da análise e representação do relevo, fortemente construídas e disseminadas nas instituições de ensino e pesquisa do país. Não existem muitas fontes bibliográficas sobre a história da geomorfologia acadêmica brasileira, porém destacam-se os artigos publicados por Adilson Avansi Abreu em 1983 e Antônio Carlos Vitte em 2006, 2009, 2010 e 2011, que relatam os fatos que marcaram o desenvolvimento e a produção científica nacional. Segundo os autores, até a década de 1950 os estudos sobre geomorfologia no Brasil eram bastante escassos, mas, mesmo diante desse contexto, a Teoria do Ciclo Normal de Erosão, de William Morris Davis, já havia sido refutada.

Foi somente a partir deste período que começaram a surgir os grandes nomes da geomorfologia brasileira, impulsionados pela parceria com pesquisadores estrangeiros, com disseminação da produção acadêmica quase ininterrupta. Foram anos de enorme efervescência e de formulação de teorias próprias e adequadas às condições tropicais brasileiras, que ressignificaram os modelos produzidos para outras condições ambientais. Destacam-se as contribuições de Lester King, Jean Tricart, Jean Dresch, Henri Erhart, e André Cholley.

Alguns fatos ocorridos nos anos 1950 foram decisivos na promoção do salto de qualidade da geomorfologia brasileira:

1. Em 1956 o Rio de Janeiro sedia o Congresso da União Geográfica Internacional; momento de grandes discussões, trabalhos de campo e ajustes teóricos;
2. Ainda em 1956, a Teoria da Pediplanação repercute e provoca profunda transformação paradigmática no pensamento geomorfológico brasileiro;
3. 1957 — Estudos desenvolvidos por Fernando Flávio Marques de Almeida e Aziz Nacib Ab'Saber trazem maior clareza para as questões obscuras relacionadas à morfogênese tropical;
4. A tese de doutorado de Ab'Saber, defendida em 1957, *Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo*, marca um avanço nas pesquisas geomorfológicas;
5. Jean Tricart, Jean Dresch e Ab'Saber realizam trabalhos de campo em que se discutiu os paleopavimentos detríticos e o seu significado paleoambiental e geomorfológico.

Em paralelo, a participação de Tricart em pesquisas na Universidade Federal da Bahia e no IBGE foi muito positiva, e em 1959 foi publicada a *Divisão Morfoclimática do Brasil Atlântico Central* — primeira grande e criteriosa classificação do relevo brasileiro, fundamentada em sua gênese, e não apenas em sua forma. Pela primeira vez, Tricart aventou a hipótese de que o mosaico vegetacional do Brasil Tropical Atlântico seria o produto das flutuações climáticas do Quaternário. No mesmo ano, foi publicado *Problemas Geomorfológicos do Litoral Oriental do Brasil*, também de Tricart, que discute o litoral e sua morfogênese, a partir das etapas de regressão e transgressão do nível médio do mar durante o Quaternário.

Neste cenário, a década de 1960 veio a consolidar o paradigma climático na geomorfologia brasileira:

1. O primeiro mapa mundial de paleocorrentes do Quaternário permitiu concluir sobre a semiaridez no Brasil e a dominância dos processos areolares sobre os lineares, com a criação de pediplanos;
2. Os trabalhos de Henri Erhart sobre *biostasia* e *resistasia* repercutiram fortemente no meio científico; em 1964 João José Bigarella publicou “Variações Climáticas no Quaternário e suas Implicações no Revestimento Florístico do Paraná” — marco referencial muito importante para os estudos cronogeomorfológicos e, pela primeira vez no Brasil, foi demonstrada a validade da teoria biorresistásica para explicar a evolução do relevo brasileiro;
3. Em 1967 Ab’Saber propõe os *domínios morfoclimáticos do Brasil*, numa parceria com as ideias de Tricart e Cholley;
4. Lester King vem ao Brasil a convite do IBGE e publica *Problemas Geomorfológicos do Brasil Oriental*, que forneceu elementos para a teoria da pedimentação e da pediplanação e redirecionou as pesquisas geomorfológicas no Brasil.
5. A Teoria da Pediplanação e a Teoria Biorresistásica despertou para o estudo dos materiais superficiais e principalmente para o possível papel das *stone-lines* e cascalheiras como registro das mudanças climáticas no Brasil
6. Em 1969, Ab’Saber publica *A geomorfologia a serviço das pesquisas do quaternário*, obra, ainda hoje, de excepcional sentido para a geomorfologia brasileira.

Em 1969, Ab’Saber, a partir do modelo da biosresistasia e da tectônica terciária no escalonamento dos aplainamentos, ressaltou a natureza das depressões periféricas na macrocompartimentação do relevo brasileiro, chamando a atenção para o papel da denudação pós-Cretácea — ou reativação Wealdeniana — na escavação desses níveis geomorfológicos, que, de modo geral, localizam-se no contato entre os escudos e as bacias sedimentares. Em 1979, o mestre publica *A Teoria dos Refúgios Florestais*, fruto de sua parceria com o biogeógrafo Paulo Vanzolini, que revolucionou a geomorfologia brasileira e mundial, por ressaltar a importância da compartimentação geomorfológica para a compreensão da complexidade biogeográfica e da especificidade dos refúgios florestais.

O legado deixado por estes estudiosos é excepcional e tem sido as bases para os trabalhos realizados no Brasil até a atualidade. Embora careçam de ajustes e adequações, são eles que orientam a pesquisa e a produção acadêmica, proporcionando que inúmeras gerações de estudantes e pesquisadores contribuam de forma crescente para a geomorfologia brasileira. O Mapa das Unidades Geomorfológicas da RPGA-MC foi elaborado tendo em vista as

considerações expostas e buscou orientar-se nos paradigmas e metodologias da produção acadêmica e científica, aqui comentada.

O MDT-SRTM/NASA possibilitou gerar mapas de altimetria, declividade, curvas de nível, relevo sombreado e aspecto, que compuseram o banco de dados georreferenciados necessário para fotointerpretar os compartimentos e feições do relevo. A escala atingida foi de 1:100.000 e os critérios orientadores foram:

- Mapa Geomorfológico pré-existente disponível no Sistema de Informação Georreferenciadas/Sig-Bahia, 2003;
- Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009) — a metodologia ordena os fatos geomorfológicos em grupos hierarquicamente relacionados: domínios morfoestruturais, regiões geomorfológicas, unidades geomorfológicas, modelados e formas de relevo;
- Classificação Taxonômica do Relevo (Ross, 1992) — a metodologia ordena os fatos geomorfológicos em grupos hierarquicamente relacionados: unidade morfoestrutural, unidades morfoesculturais, unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes resultantes de processos erosivos mais recentes, tipos de formas de relevo, tipos de vertentes, tipos de formas relacionadas a processos atuais;
- Dados extraídos do MDT que compuseram um acervo de mapas temáticos originais: altitude, declividade, relevo sombreado, aspecto e curvas de nível;
- Banco de dados georreferenciados de pontos amostrados em trabalhos de campo (descrições e fotografias);
- Tipos de rochas e deformações estruturais.

Foram mapeadas 16 tipologias ou classes de relevo, identificadas por legenda constituída por polígonos e pontos. Os polígonos corresponderam a:

1. Borda
2. Depressão do Curaçá
3. Depressão do Leste
4. Depressão do Macururé
5. Depressão do Tourão
6. Rio São Francisco
7. Meseta
8. Morros e Colinas dissecadas
9. Morros e Colinas
10. Patamar
11. Planaltos Cársticos
12. Planície Aluvial
13. Platô do Tonã
14. Serras e Maciços Residuais
15. Tabuleiro de Tucano Norte

Pontos:

16. Inselbergues

O nordeste da Bahia está localizado sobre um setor da crosta constituído por rochas de idades e litologias de Eras Geológicas bem distintas, com representações do Cenozoico, Mesozoico, Proterozoico e Arqueano, que resultaram em vários contatos litoestruturais bastante importantes para a formação dos relevos da região. Compreendem, conforme apresentado no subcapítulo 3.2.1:

1. *Bacia do Recôncavo-Tucano-Jatobá* — Mesozoico (fase inicial, Cretáceo; fase final, Terciário)
2. *Província Borborema* — Proterozoico (fase inicial); Mesozoico (fase inicial, Cretáceo; fase final, Terciário)
3. *Província São Francisco Norte* — setor norte do Cráton São Francisco, plataforma sul-americana, de idade entre o Arqueano e o Paleoproterozoico

Os episódios e processos de formação crustal neste setor da plataforma sulamericana liberaram grande quantidade de energia que deformaram a crosta por meio de falhas transcorrentes e de empurrão, acompanhadas por intrusões e lineamentos estruturais. As províncias São Francisco Norte e Borborema encontram-se em contato por extensa falha transcorrente e fraturas de direção NW/SE, e por faixas dobradas. Ocorrem, ainda, outros sistemas de falhas de direção N/S, e, também, NW/SE, e inúmeros diques no embasamento ígneo da Província São Francisco Norte. As deformações nas rochas sedimentares do Tabuleiro de Tucano, onde apenas a parte norte encontra-se na RPGA-MC, são menos frequentes e as principais ocorrem no sentido N/S da porção ocidental.

O rifteamento pelo qual passou a região durante o Mesozoico, quando houve a separação dos continentes sulamericano e africano, produziu um longo processo de sedimentação iniciado após o abortamento do *rift*, que deu origem à Bacia Sedimentar do Recôncavo-Tucano-Jatobá. Essa extensa região ocorre entre o Recôncavo Baiano e o nordeste da Bahia, quando inflete para leste, adentrando o estado de Pernambuco; o setor Jatobá encontra-se aí inserido. Tal conjugação de eventos geológicos resultou na clara distribuição entre os tipos rochosos na RPGA-MC — o setor ocidental contém a Província São Francisco Norte, formada por substrato ígneo e, em parte, formações sedimentares; o oriental abriga a Província Borborema, que para além do ígneo, contém expressivas formações sedimentares da referida bacia.

5.3.1 Conjuntos e padrões de relevos

As correlações entre as características do substrato geológico, a morfografia e morfometria dos relevos na RPGA-MC foram identificados nos compartimentos altimétricos e topográficos, extraídos dos dados do MDT. As amplitudes dos dados discriminaram uma superfície com caimento geral de W/SW para N e E — as altitudes decaem de 1000m, no setor de serras, maciços e planaltos do SW da RPGA-MC, para 350 a 300m, no Norte, e para 120m, no Leste, quando transiciona com as planícies aluviais e os cânions escarpados do Rio São Francisco.

Os dados de altitude e curvas de nível subsidiaram a análise inicial do relevo. Os sistemas interfluviais, localizados nas serras, maciços e planaltos no SW da RPGA-MC, com altitudes entre 600 e 1000m; no Tabuleiro de Tucano, entre 420 e 730m; e sobre serras e maciços descontínuos e menos compactos, entre 600 e 750m, circunscrevem feições claramente discriminadas no MDT, tanto pelas altitudes quanto pelas curvas de nível.

Toda a rede de drenagem está organizada em função do maior e único rio perene da região, que orienta o sistema fluvial regional — o São Francisco. As nascentes estão localizadas sobre os sistemas interflúviais e estão orientadas para o norte, exceto, no leste, onde pequenas sub-bacias nascem no tabuleiro e fluem para o leste. Em que pese a natureza intermitente das redes fluviais, todos os riachos e rios, bem como canais e sulcos efêmeros, são exorreicos e convergem para o São Francisco. Há que se ponderar acerca da influência dos grandes reservatórios das barragens hidroelétricas sobre a dinâmica fluvial, visto a elevação do nível de base do São Francisco após formação do espelho d'água. Até que ponto a desaceleração da incisão fluvial, mesmo sob condições de semiaridez, provocou a retenção e acumulação de sedimentos à montante das desembocaduras, é ainda uma questão em aberto. Os grandes terraços fluviais presentes em trechos de vários rios e riachos podem ser o registro da inversão nos processos morfodinâmicos.

O delineamento e distribuição espacial dos interflúvios, dois parâmetros-chave dos caracteres morfográficos e morfométricos, foram avaliados e, com base nos mapas de Altitude (Figura 5.32) e Curvas de Nível (Figura 5.33), foram identificados os principais conjuntos de relevos, a partir dos quais foi elaborado o Mapa de Unidades Geomorfológicas.

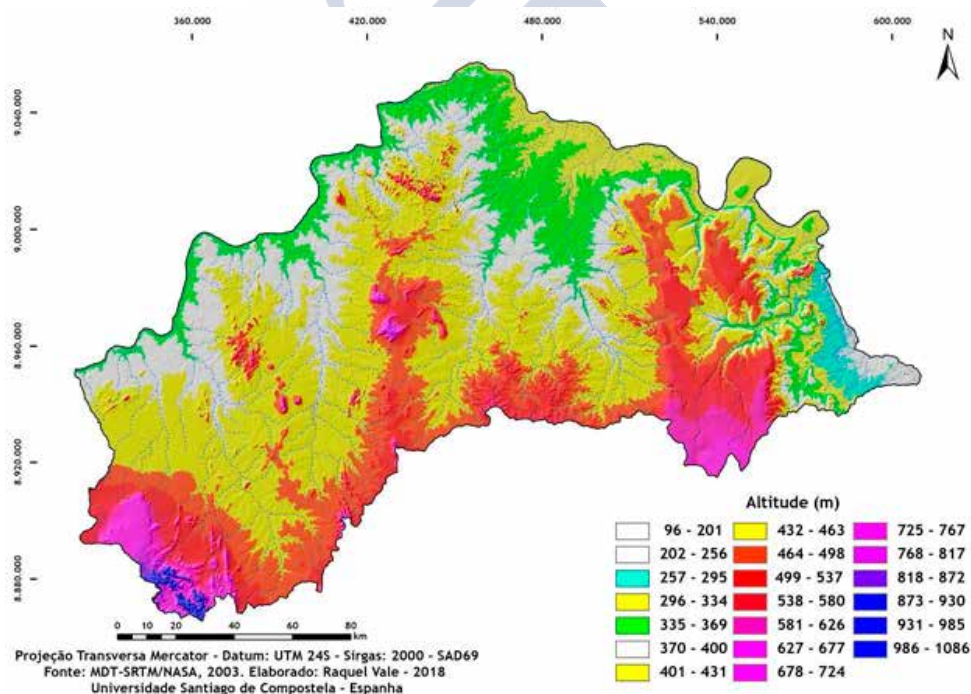


Figura 5.32. Mapa de Altitude (m)

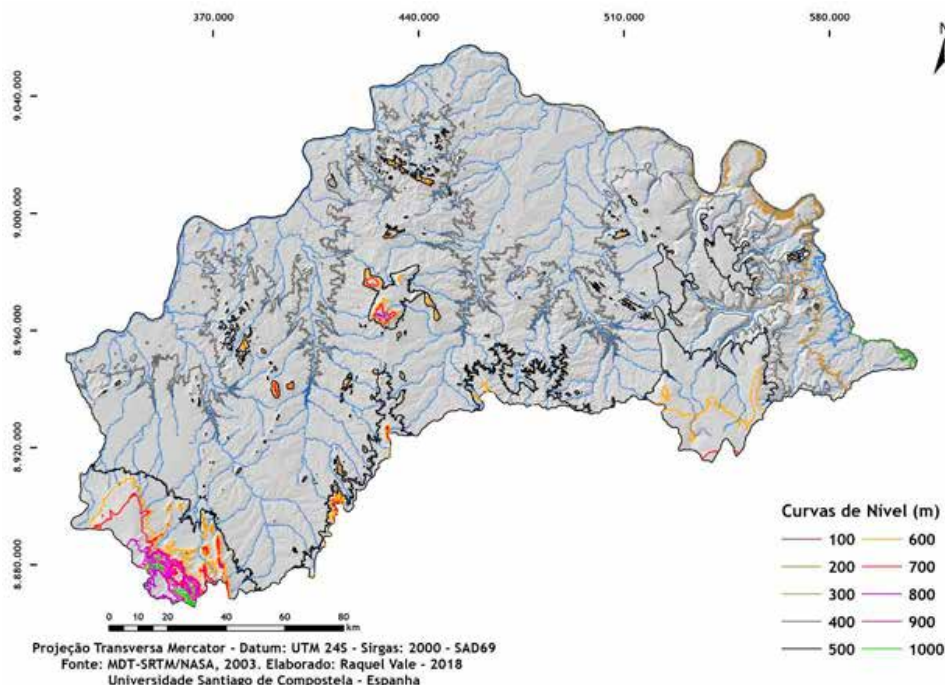


Figura 5.33. Mapa de Curvas de Nível (m)

1. *Serras e planaltos localizados no SW da RPGA-MC.*

1.1. As serras correspondem à porção terminal da Serra de Jacobina. Constituídas por corpo rochoso Mesoarqueano sedimentar e ígneo disposto no sentido NW/SE, com altitudes em torno de 1000m. Este conjunto se ramifica em serras fragmentadas e alinhadas N/S, com cristas a 870m, composto por rochas ígneas do Paleoproterozoico e Neoarqueano. As encostas apresentam-se íngremes.

1.2. Pequeno patamar rebaixado, a 720m, integra este conjunto serrano.

1.3. Os planaltos adjacentes, no W das serras, correspondem à parte da Chapada Diamantina Setentrional, onde afloram calcários Pleistocênicos e rochas metamórficas ígneas Mesoarqueanas e sedimentar Neoproterozoica, entre 420 e 830m de altitude.

2. *Serras, serrotes, morros e inúmeros inselbergues que separam as bacias do riacho do Poção e do rio Curaçá.*

Formam um arco de relevos fragmentados com inselbergues residuais, entre 500 e 800m de altitude, em corpos ígneos e metamórficos de idade Paleoproterozoica e Neoarqueana junto a rochas sedimentar e ígnea Neoarqueana. Falhas, fraturas, contatos e alta densidade de diques caracterizam estes relevos.

3. *Serras, serrotes, morros e inúmeros inselbergues que separam as bacias dos rios Curaçá e Vargem, formam um robusto sistema de interflúvios, com continuidade espacial, apesar de fragmentado.*

- 3.1. Morros isolados localizados no limite sul da RPGA-MC, entre 500 e 870m, de constituição ígnea Mesoarqueana é o ponto de adensamento do sistema de interflúvios que separam as bacias do Curaçá e Vargem.
- 3.2. A porção central deste sistema exibe um conjunto de três serras compactas de origem sedimentar Neoproterozoica, com altitudes em torno de 780m.
- 3.3. Arco de serras, alinhadas por falha e contatos no sentido NW/SE, desenvolvidas sobre rocha sedimentar Neoproterozoica, adjacente a rochas ígneas Paleoarqueana, entre 540m e 720m, integram a porção, ao norte, deste sistema interfluvial.
4. *Colinas e morros dissecados*, entre 450 e 570m de altitude, separam as bacias dos rios Curaçá, Vargem e Macururé.
- 4.1. A porção central destes relevos apresenta patamar entre 480 e 540m, muito planos e pouco dissecados, formados sobre suíte intrusiva Neoproterozoica.
- 4.2. No entorno do setor 4.1 ocorrem colinas e morros fortemente dissecados, desenvolvidos sobre rocha sedimentar Neoproterozoica. Extensas ravinas festonam as encostas e sopés, ponto a partir do qual desaparecem o festonamento e dissecação, dando início à depressão propriamente dita.
- 4.3. Do médio curso das bacias em direção à jusante passa a ocorrer rocha sedimentar (ou sedimentos) Mesoproterozoicos, onde se desenvolvem amplos interflúvios rebaixados entre 350 e 400m de altitude.
5. *Tabuleiro de Tucano Norte* é o segundo maior e mais importante relevo regional. Desenvolvido sobre rocha sedimentar do Mesozoico e do Terciário, apresenta topo com altitudes entre 420 e 730m, com caimento para o N, em direção ao rio São Francisco. A porção central e borda oriental deste tabuleiro são seccionadas por rios e riachos, que elaboram ravinas e cânions profundos, sobretudo da sub-bacia Riacho Baixa do Chico.
- 5.1. Quase a totalidade deste tabuleiro é constituído por arenito, conglomerado, folhelho e siltito (ou sedimentos).
- 5.2. Argilito, arenito, folhelho, ritmito e rocha carbonática afloram no quadrante de NW do tabuleiro, a altitudes entre 480 e 510m, e delineiam o Platô do Tonã, uma pequena chapada modelada por erosão diferencial, topo do tabuleiro.
- A encosta do tabuleiro*, no setor de barlavento, é muito mais dissecada do que no de sotavento, o que possibilitou a formação de várias ravinas e sulcos que imprimiram o festonamento da encosta e formação de mesetas. Caracteriza-se também por apresentar um mosaico de litologias sedimentares:
1. Cenozoico/Neógeno — Depósitos colúvio-eluviais: areia, argila, cascalho e laterita;
 2. Mesozoico/Cretáceo — Formação Ilhas: arenito, folhelho, ritmito, rocha carbonática e argilito;
 3. Mesozoico/Cretáceo — Formação Candeias: calcário, folhelho, evaporito;
 4. Mesozoico/Jurássico — Grupo Brotas: arenito, arenito arcoseano, conglomerado, evaporito, folhelho, marga, siltito, arenito, arenito arcoseano, conglomerado, evaporito, folhelho, marga e siltito;
 5. Paleozoico/Siluriano — Formação Tacaratu: arenito, conglomerado, folhelho e siltito;
 6. Paleozoico/Permiano — Formação Santa Brígida: arenito, carbonato cristalino, folhelho, silexito, formação ferrífera bandada e rocha calcissilicática.

6. *Depressões* são os mais extensos relevos da região e ocupam todas as superfícies rebaixadas adjacentes aos relevos mais elevados. Fazem parte de uma unidade muito mais abrangente do semiárido nordestino, a Depressão Sertaneja São Franciscana, caracterizada por diferentes tipologias de inselbergues. As depressões, na RPGA-MC, abrigam bacias hidrográficas e orientam o escoamento superficial em direção ao rio São Francisco. As cotas entre 420 e 450m marcam a altitude de transição entre o sopé dos relevos, limite superior das depressões, a partir do qual, e para jusante, se desenvolvem, alargando-se progressivamente até o rio São Francisco. Este é também o ponto de mudança dos processos geomorfológicos, que perdem o caráter erosional, típico dos planaltos, e passam a atuar no sentido do rebaixamento e horizontalização das superfícies, favorecendo a ação dos processos deposicionais. O substrato rochoso exibe um mosaico de litotipos predominantemente ígneo do Arqueano e do Proterozoico e, secundariamente, sedimentar, Cenozoico.

6.1. *Depressão do Riacho Tourão*

Constituída principalmente por rochas ígneas do Neoarqueano, Paleoproterozoico e Neoproterozoico, junto a calcário e calcrete do Cenozoico/Pleistoceno. Em torno da cota 420m, esta superfície inicia uma perda de altitude até alcançar 360m no rio São Francisco.

6.2. *Depressão do Rio Curaçá e Riacho do Poção*

É a maior dentre todas as depressões. Constituída por rochas metamórficas ígneas do Neoarqueano e sedimentar Neoproterozoica. A partir da cota 420m perde altitude até alcançar 350m no rio São Francisco.

6.3. *Depressão do Rio Macururé e Riacho da Vargem*

Também são constituídas por rochas metamórficas, de matriz ígnea e sedimentar de idade Meso e Neoproterozoica, Meso e Paleoarqueanas. Os relevos adjacentes possuem altitudes entre 570 e 510m e a partir da cota 420m, começa de fato a ser delineada até atingir altitudes em torno de 300m no rio São Francisco. Estas duas superfícies, Macururé e Vargem, se agregam e se confundem, progressivamente, em direção à jusante. O limite oriental desta unidade faz contato com o setor de sotavento do Tabuleiro de Tucano Norte, cujas altitudes de borda — na ruptura entre o topo e a encosta — encontram-se entre 480 e 450m. O sopé, a altitudes entre 450 e 420m, caracteriza, junto com a encosta do tabuleiro, formas pouco dissecadas. A amplitude entre topo e sopé chega a 30m.

6.4. *Depressão do setor leste da RPGA-MC*

Está restrita ao setor de barlavento do Tabuleiro de Tucano Norte e apresenta altitudes em torno de 330m. As superfícies planas da depressão evoluem em direção ao rio São Francisco onde atingem 120m — a menor altitude de toda a RPGA-MC. Rochas ígneas e metamórficas Neoproterozoicas constituem o substrato rochoso deste relevo.

A dimensão espacial dos relevos na região exibe notável contraste entre os compartimentos topográficos. De uma parte tem-se amplas superfícies rebaixadas e planas, e de outra, serras, colinas, morros, inselbergues e planaltos, que quebram a monotonia das depressões e geram diferentes níveis de rugosidade. Esta singularidade é o aspecto mais

interessante dos domínios geomorfológicos semiáridos, e os distingue profundamente daqueles de maior umidade do restante do país, onde processos de dissecação de forte capacidade erosiva esculpem formas de rugosidade muito mais expressiva.

A definição de intervalos de classes de declividade, em inúmeros trabalhos realizados no Brasil, tem sido orientada pelo Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia (Crepani et al., 2001), e por Ross (1994 (Tabela 5.23), onde o maior fatiamento das classes é observado para os declives mais acentuados.

Tabela 5.23. Classes de Declividades (%) propostas por Crepani et al. (2001) e Ross (1994)

Crepani et al. (2001)	Ross (1994)
< 2	< 6
2 - 6	7 - 12
7 - 20	13 - 20
21 - 50	20 - 30
> 50	> 30

O ZEE teve por objetivo, com base no conceito de ecodinâmica, propor uma metodologia para elaborar mapas de vulnerabilidade natural à perda de solo, na Amazônia. A proposta de Ross veio atender aos mapeamentos da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, tendo em vista a capacidade de uso e a aptidão agrícola dos solos. Os intervalos de classe apresentados pelos autores foram definidos a luz dos objetivos pretendidos e apontam para a necessidade em se estabelecer critérios de classificação específicos a cada caso.

Em paralelo, ainda existe uma lacuna no que diz respeito a proposição de classes de declividade para ambientes semiáridos, o que tem exigido adequações e experimentações. A existência de grandes superfícies muito planas, aparentemente homogêneas, cria uma falsa impressão de neutralidade dos processos erosivos. Contudo, existem diferentes níveis de dissecação que testemunham que o papel da erosão, mesmo que episódica, é de extrema importância diante do contexto morfoclimático regional. Se, por um lado, ocorrem chuvas de inverno menos violentas e com menor capacidade erosiva, as de verão, constituem aguaceiros concentrados e de forte poder erosivo. A intensidade do escoamento esculpe múltiplas formas de sulcos e ravinas e remove grande volume de sedimentos que entulham as linhas de talvegue.

O papel da declividade assume, desta forma, uma conotação muito mais significativa, onde, até mesmo, os pequenos declives concorrem para processos erosivos intensos, cuja torrencialidade depende, sobretudo, da natureza das chuvas. Nesta perspectiva, as classes de declividades apresentadas por Crepani et al. (2001) e Ross (1994), foram redefinidas para melhor expressar as pequenas rupturas de declive das superfícies mais planas, valorizando as rugosidades mais sutis. No caso dos declives mais acentuados, claramente demarcados nos subprodutos do MDT, tal estratégia não se mostrou necessária, resultando em menor fatiamento das classes.

Assim, tendo em vista a amplitude das declividades - entre 0,0% e 60,1% - foram criados seis intervalos de classe, tendo por critério as rupturas entre as declividades e entre as curvas de nível, aplicando e ajustando o método de classificação *quebras naturais* (Tabela 5.24).

Tabela 5.24. Classes de Declividades na RPGA-MC

Intervalo de classe (%)	Inclinação	Localização
0 - 1,5	Plano	Depressão. Topo do tabuleiro. Patamar. Platô. Meseta.

1,6 - 3,5	Suave ondulado	
3,6 - 7,5	Ondulado	Sopé de encostas de serras, serrotes, morros e inselbergues. Encostas de colinas e morros dissecados. Encostas e ravinas de barlavento do tabuleiro.
7,6 - 13,5	Íngreme	Encostas de serras, serrotes, morros e inselbergues. Encostas de colinas e morros dissecados.
13,6 - 22,0	Muito íngreme	Encostas de serras, serrotes, morros e inselbergues.
22,1 - 60,1	Escarpado	Ravinas de barlavento do tabuleiro, encosta de sotavento e cânions da bacia do riacho Baixa do Chico.

A partir desta classificação foi elaborado o Mapa de Declividade (Figura 5.34). O contato entre as províncias São Francisco Norte e Borborema, zona crustal de falhas, fraturas e faixas dobradas, refletiu na alta concentração de declividades *muito íngreme*, *íngreme* e *ondulada* — as mais acentuadas da RPGA-MC. As serras localizadas neste contato, desenvolvidas sobre complexo gnáissico-migmatítico da Unidade Sobradinho/Remanso (Província São Francisco Norte), apresentam encostas *muito íngreme* e *íngreme* que chegam a alcançar, em determinadas vertentes, declividades em torno de 30%. Destaca-se também as colinas e morros dissecados que formam relevo *ondulado* e parcialmente *íngreme*, sobre a Unidade Macururé (Província Borborema).

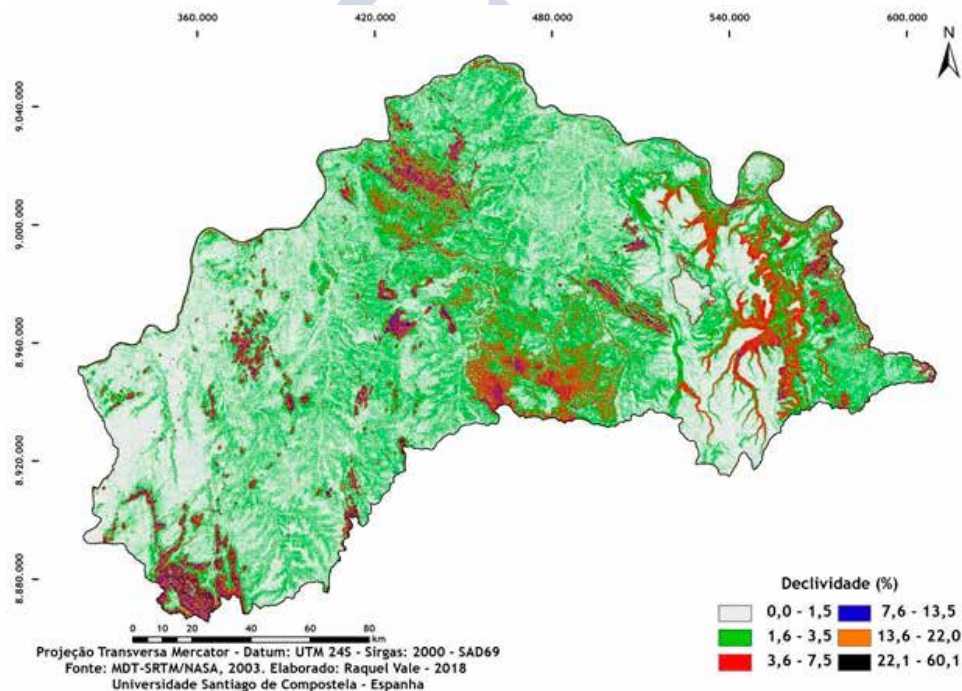


Figura 5.34. Mapa de Declividade (%)

Todas as serras, serrotes, inselbergues, colinas e morros, ravinas e cânions, encontram-se muito bem discriminadas no Mapa de Declividades, realçando sobretudo o controle estrutural rúptil. Validam, deste modo, as discussões feitas acerca dos relevos identificados e

interpretados neste subcapítulo, cuja geomorfogênese reflete bastante os caracteres do arcabouço geológico.

As Depressões, superfície basal de todos os relevos alçados, apresentam longos declives que não ultrapassam 7,5% de inclinação. As amplas superfícies elaboradas sobre os calcários Pleistocênicos da Formação Caatinga, na Depressão do Riacho Tourão, caracterizam o relevo mais plano e contínuo de toda RPGA-MC, com declives inferiores a 1,5%. As outras depressões são relativamente um pouco mais dissecadas e mesclam declives *plano* a *suave ondulado*.

O topo do Tabuleiro de Tucano Norte é predominantemente *plano* e descontínuo, devido à incisão de talvegues que fragmentaram a pretérita superfície de cimeira. Tais processos, ainda em curso, têm elaborado encostas com anfiteatros e pequenos patamares. Abruptas rupturas de declive entre o topo e a encosta delineiam a borda do tabuleiro. No barlavento há profunda dissecação por ravinhas e cânions cujos processos geomórficos prosseguem fragmentando o tabuleiro, em especial na zona de abrangência da sub-bacia do riacho Baixa do Chico, onde são encontrados os mais desenvolvidos cânions da região. O sotavento, setor mais árido, apresenta uma dinâmica totalmente diferente e conserva melhor a encosta e borda do tabuleiro. As cabeceiras de drenagem da bacia do rio Macururé, aí instaladas, têm uma funcionalidade menos intensa, menos regressiva, e a dissecação não alcança os níveis observados no barlavento.

O Mapa de Relevo Sombreado ou *hillshade* (Figura 5.35) é um subproduto do MDT que possibilita uma simulação tridimensional do relevo, capaz de melhorar a interpretação das formas e visualização da disposição espacial dos compartimentos e feições. Todas as elevações e formas erosivas foram muito bem classificadas e evidenciaram padrões distintos e altamente correlacionáveis aos mapas de Altimetria, Curvas de Nível e Declividade.

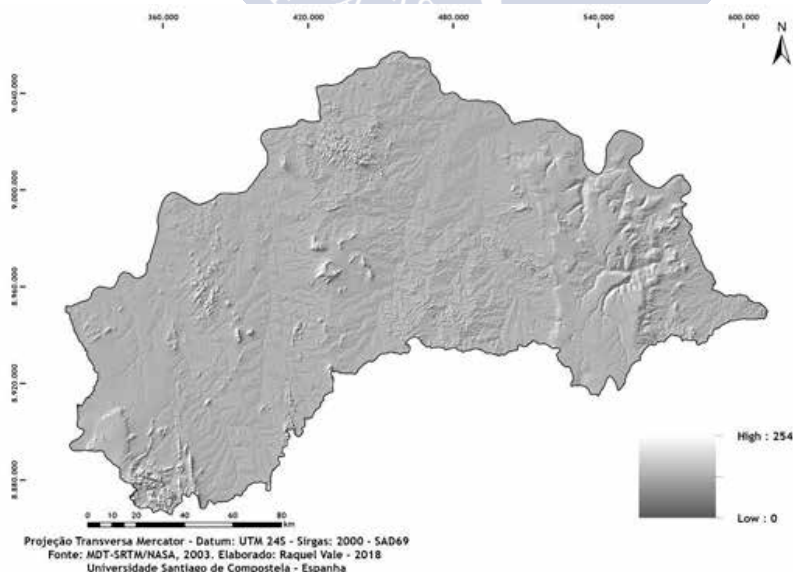


Figura 5.35. Mapa de Relevo Sombreado

A rugosidade das superfícies foram bastante evidenciadas e ressaltaram os alinhamentos estruturais dos relevos, o que ratifica a existência de um forte controle geológico na sua configuração espacial. Foi possível, por exemplo, discriminar, de modo muito preciso, as formas erosivas no barlavento do tabuleiro, associadas à intensa regressão das cabeceiras de drenagem.

Orientação é um dos subprodutos do MDT que identifica a exposição do declive, ou seja, a direção para a qual a superfície está voltada, ou faceada. Os valores de cada célula em uma grade de orientação são direções angulares que variam entre 0° e 360° — Norte corresponde a 0° , e em sentido horário, 90° é Leste, 180° é Sul, e 270° é Oeste — que possibilitam inferir sobre as direções do escoamento da água; distribuição ao longo do dia da energia solar incidente (*luz e sombra*); reflectância; e temperatura da superfície. Tais aspectos podem também subsidiar hipóteses acerca da natureza dos processos erosivos, se *mais* ou *menos* intensos, visto suas correlações com as formas das superfícies.

As amplitudes altimétricas na região não proporcionam um claro contraste visual dos dados da *orientação*, como é o comum para regiões, de fato, montanhosas. Ao contrário, tem-se uma profusão de células de distintos valores formando um mosaico multicolorido. Mas, observa-se a existência de padrões quando as células são analisadas a partir de cada conjunto de relevos. Deste modo, são passíveis de interpretação, sob o ponto de vista dos efeitos derivados das diferenças de intensidade e frequência com que a radiação solar incide sobre as superfícies.

Assim, o Mapa de Orientação (Figura 5.36) apresentou resultados muito interessantes, sobretudo para os sistemas interfluviais.

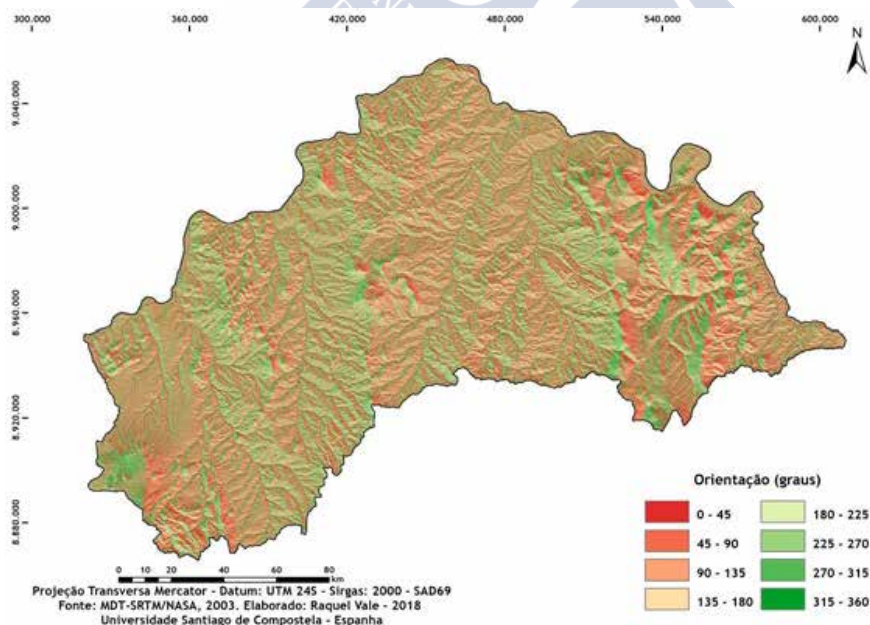


Figura 5.36. Mapa de Orientação

As *serras* localizadas no SW da RPGA-MC mostram, por exemplo, contrastes muito nítidos quanto à recepção de energia solar — a *face* voltada para NE e E são menos íngremes do que as voltadas para o SW, sugerindo que a maior incidência de energia do sol ao longo da tarde produz processos de termoclastia mais acentuados, que verticalizam as encostas. Por outro lado, os *planaltos* apresentam uma mistura de células de diferentes valores, que refletem condições topográficas mais planas. Semelhantes interpretações puderam ser elaboradas para os demais tipos de relevos da região e contribuíram para definir critérios de delimitação das Unidades de Paisagem, visto o significado, de natureza sistêmico-ambiental, intrínseco aos dados da orientação.

5.3.2 Morfometria do relevo e Unidades Geomorfológicas

As bases científicas que orientaram e deram sustentação paradigmática e metodológica ao mapeamento dos relevos na RPGA-MC e, diante das caracterizações e interpretações feitas no capítulo 3 desta tese, foi construído o Mapa das Unidades Geomorfológicas. Ressalta-se que os critérios definidos para sua elaboração tomaram por base as contribuições deixadas pela ampla produção da geomorfologia brasileira, sobretudo quanto à originalidade dos domínios semiáridos tropicais.

Os subcapítulos a seguir irão tratar dos principais aspectos que caracterizam os relevos da RPGA-MC e de que forma as diferentes unidades discriminadas no Mapa das Unidades Geomorfológicas (Figura 5.37) repercute sobre os sistemas geoambientais e sobre as atividades produtivas. Este mapa foi vetorizado manualmente, na escala de 1:100.000, adaptando as metodologias do Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009) e da Classificação Taxonômica do Relevo (Ross, 1992). Assim, ordenando os fatos geomorfológicos sob uma perspectiva temporal e espacial, foram identificados os Domínios Morfoestruturais São Francisco Norte e Borborema que subdividiram-se em Regiões Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas e Tipos de Relevo, conforme Tabela 5.25 e Gráfico 5.9. Devido à escala de mapeamento aqui adotada, não foi possível discriminar os tipos de vertentes e formas derivadas de processos geomórficos atuais, porém seus principais aspectos morfográficos, principalmente declividade e orientação, integram a análise deste mapa.

Tabela 5.25. Estrutura Taxonômica dos Relevos na RPGA-MC

Domínio Morfoestrutural	Região Geomorfológica	Unidade Geomorfológica	Tipos de Relevos
São Francisco Norte Arqueano a Paleoproterozoico Coberturas calcárias Plio-pleistocênicas	1. Depressão Periférica Interplanáltica	1. Depressão 1.1. <i>Curaçá</i> 1.2. <i>Macururé</i> 1.3. <i>Tourão</i> 1.4. <i>Leste</i>	1. Serras e Maciços residuais 2. Patamar 3. Platô 4. Meseta
Borborema Proterozoico (fase inicial) Cretáceo/Terciário (fase final)	2. Tabuleiro Recôncavo-Tucano-Jatobá 3. Chapada Diamantina	2. Tabuleiro de Tucano Norte 3. Planaltos Cársticos 4. Morros e Colinas (dissecadas ou não)	

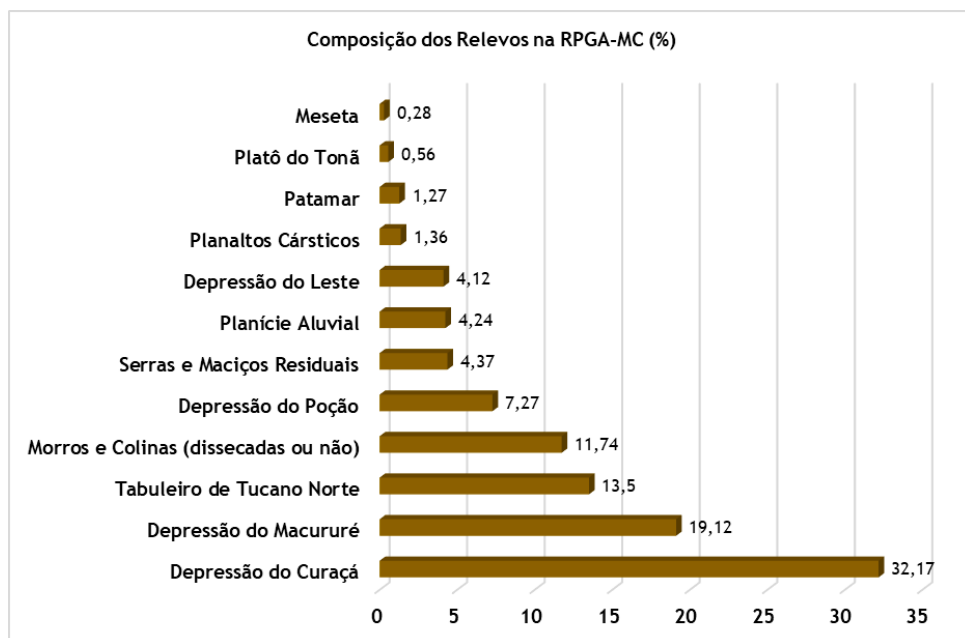


Gráfico 5.9. Composição dos Relevos na RPGA-MC (%)

Esta estrutura e composição dos relevos na região tem por arcabouço geológico — como apontado em capítulos anteriores — duas grandes Províncias que abrangem quase toda a região nordeste do Brasil, *São Francisco Norte e Borborema*, onde evoluem três Regiões Geomorfológicas — *Depressão Periférica Interplanáltica*, relevo predominante no semiárido nordestino; *Tabuleiro do Recôncavo-Tucano-Jatobá*, onde apenas o Tabuleiro de Tucano Norte está contido na região; e *Chapada Diamantina*, cuja quase totalidade está fora da RPGA-MC. Nestas Regiões foram mapeadas quatro Unidades Geomorfológicas — *Depressões*, *Tabuleiro de Tucano Norte*, *Planaltos Cârsticos*, *Morros e Colinas* (dissecados ou não) — e quatro Tipos de Relevos — *Serras e Maciços Residuais*, *Patamar*, *Platô* e *Meseta*. A Tabela 5.26 apresenta uma síntese fisiográfica das Unidades Geomorfológicas mapeadas na RPGA-MC.

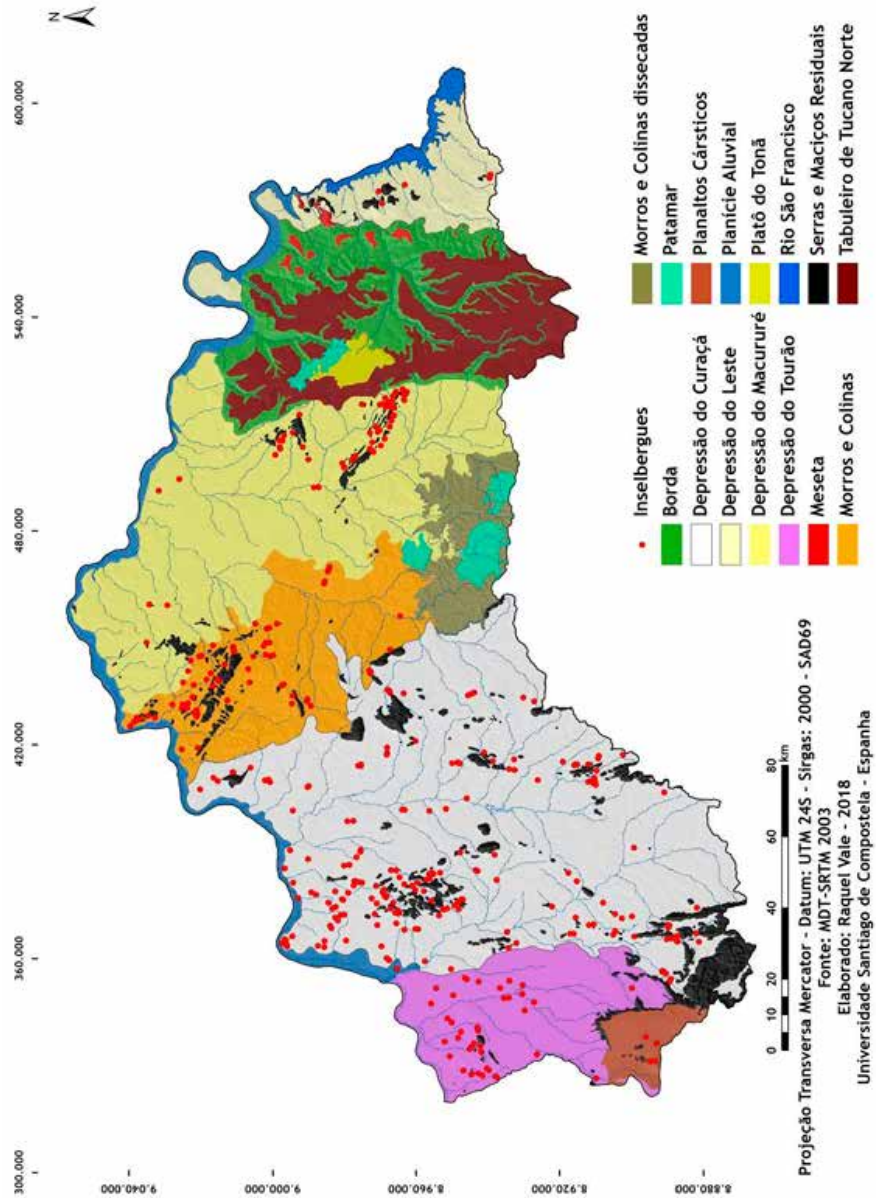


Figura 5.37. Mapa das Unidades Geomorfológicas

Tabela 5.26. Síntese fisiográfica das Unidades Geomorfológicas da RPGA-MC

Unidade Geomorfológica	Depressão do Curaçá	Depressão do Macururé	Depressão do Tourão	Planaltos Cársticos	Depressão do Leste	Tabuleiro de Tucano (topo, borda, patamar, platô)	Morros e Colinas (dissecadas ou não)
Área (km² - % RPGA)	8808 - 32,17	5236 - 19,12	1991 - 7,27	372 - 1,36	1129 - 4,12	3924 - 14,33	3490 - 12,75
Província Geológica	São Francisco Norte				Borborema		
Idade	Neorquaeano Mesorquaeano Neoproterozoico	Mesoarquaeano Neoproterozoico Mesoproterozoico	Cenozoico	Neoproterozoico	Mesoproterozoico Neoproterozoico Siluriano Cretáceo Jurássico	Cretáceo	Neoproterozoico Paleoarquaeano
Litotipos dominantes	Paragneisse, Anfibolito, Gnaisse, Ortogneisse, Metachert, Metapiroxenito, Serpentiníto, Quartzito, Gabroide, Kinzigito, Ferruginoso, Rocha Calcissilicática, Filito, Metacalcáreo, Quartzito, Xisto, Calcilitito, Metapelito	Anfibolito, Metagranito, Metagranodiorito, Metatonalito, Migmatito, Paragneisse, Xisto Gnaisse, Metagrauvaca, Metarcoseo, Migmatito, Quartzito, Metamonzodiorito, Metamonzogranito, Micaxisto, Marmore, Quartzito, Granito, Granodiorito, Migmatito	Formação Caatinga Calcário	Unidade Nova América e Jussara Calcarénito, Calcilitito, Calcirrudito, Silixito	Metagranodiorito, Metamonzodiorito, Metamonzogranito, Granito, Granodiorito, Migmatito, Arenito, Conglomerado Calcário, Folhelho Arenito, Arenito Arcoseano, Conglomerado, Evaporito, Folhelho, Marga, Siltito	Grupo Ilhas e Brotas Formações Candéias, Tacaratu, Santa Brigida, Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito, Arenito, Folhelho, Ritmito, Rocha Carbonática	Unidade Macururé Micaxisto Marmore Quartzito Unidade Sobradinho-Remanso Granitoide Metagabroide Migmatito Ortogneisse Suíte Intrusiva Peraluminosa Xingó Granito Granodiorito Migmatito Granitoide Luvissole crômico órtico Argissolo vermelho-amarelo eutrófico
Solos dominantes	Planossolo háplico eutrófico solódico Argissolo vermelho-amarelo eutrófico Luvissole crômico órtico	Planossolo háplico eutrófico solódico Planossolo nátrico órtico Argissolo vermelho-amarelo	Vertissolos Cambissolo háplico eutrófico Argissolo vermelho-	Cambissolo háplico eutrófico	Planossolo háplico eutrófico solódico Planossolo nátrico órtico - sno Luvissole crômico órtico	Neossolo quartzarênico Cambissolo háplico eutrófico	

	Neossolos regolíticos eutróficos	eutrófico Neossolos litólicos eutróficos	amarelo eutrófico Planossolo háptico eutrófico solódico		Neossolo quartzarênico Neossolos litólicos Neossolos litólicos distróficos		Neossolos litólicos eutróficos Planossolo háptico eutrófico solódico
Isoleta (mm)	400 e 500	400 e 500	500	500, 600, 700	400, 500, 600	400 e 500	400 e 500
Altitude média (m)	De 360 a 470	De 310 a 460	De 360 a 480	De 550 a 800	De 320 a 120	de 420 a 730	De 480 a 510
Declividade (%)	0 a 3,5	0 a 3,5	0 a 1,5	0 a 3,5	0 a 3,5	0 a 22	0 a 7,5
Orientação e Relevo sombreado	Rugosidade baixa Múltiplas	Rugosidade muito baixa Múltiplas orientações das vertentes	Rugosidade muito baixa Múltiplas orientações das vertentes	Rugosidade muito baixa Orientado para o oeste	Rugosidade baixa Múltiplas orientações das vertentes	Topos com Rugosidade muito baixa Encostas muito dissecadas no barlavento e orientadas para o leste	Rugosidade baixa Múltiplas orientações das vertentes Controle estrutural acentuado

5.3.2.1 Depressões

O sistema de barragens na região de abrangência da RPGA-MC — Sobradinho, Luís Gonzaga e Paulo Afonso —, iniciados na década de 1950, desorganizaram as dinâmicas geomorfológica, hidrológica e hídrica na sua área de influência. Anteriormente, neste trecho da bacia do São Francisco, os processos flúvio-pluviais eram fortemente controlados pelos períodos de cheia e de vazante, altamente contrastantes e inerentes ao domínio semiárido. O preenchimento dos reservatórios alagou milhares de quilômetros de superfícies, criando imensos espelhos d'água, que elevou o nível de base em dezenas de metros. Consequentemente, a vazão defluente controlada nas barragens, visto a prioridade para geração de energia, reduziu, em muito, o volume de água para jusante. A intrusão da cunha salina na foz do São Francisco já alcança quase uma centena de metros.

Os desdobramentos de tais transformações são inegáveis, mesmo resguardando-se a exiguidade temporal das mudanças. A subida do nível de base desacelerou os processos geomórficos, que passaram a reter um maior volume de sedimentos, contribuindo para a formação de superfícies de acumulação. Por sua vez, o rebaixamento imprimiu maior energia erosiva regressiva, aportando sedimentos e assoreando a calha fluvial. Estas novas dinâmicas introduzidas após a construção das barragens, ainda precisam ser melhor compreendidas, mas, ressalta-se, os registros que testemunham tais inversões morfodinâmicas são evidentes no intenso assoreamento do rio São Francisco e podem estar contidos nos terraços fluviais e nas formações superficiais que abundam os setores mais baixos das depressões, bem como nos sistemas erosivos marginais às redes de drenagem. É provável também que processos transgressivos Pleistocênicos tenham sido a causa da formação destes terraços e outros pacotes aluvionares. Pensar na ação deste conjunto de dinâmicas pode ser um caminho promissor para se chegar a respostas mais precisas e coerentes. Entretanto, seriam necessários estudos estratigráficos aprofundados não projetados para o escopo dos objetivos desta tese.

As depressões constituem os relevos mais amplamente desenvolvidos na região — 62,68% do território da RPGA-MC é formado por superfícies topograficamente rebaixadas e horizontalizadas. São 17.164 km² de áreas *planas* ou *suave onduladas* convergentes para a calha do rio São Francisco. Os sistemas interfluviais individualizam quatro depressões — Tourão, Curaçá, Macururé e Leste —, abrigando, cada, uma sub-bacia de drenagem ou um conjunto de sub-bacias da margem direita do rio São Francisco. Os relevos que tipificam estas depressões desenvolvem-se sobre um mosaico de litotipos, predominantemente ígneo, do Arqueano e do Proterozoico, e respondem às interações dos componentes físicos e ao controle litológico e estrutural do substrato. São frequentes formas isoladas do tipo inselbergues e serras, em meio às superfícies horizontalizadas das depressões, cujos contatos litológicos se traduzem por maior rugosidade e dissecação.

A maior dentre as depressões, Curaçá, abrange 8808 km² de superfícies, 32,17% da região. Ocupa quase toda a porção ocidental da RPGA-MC e contém as bacias hidrográficas do rio Curaçá e do riacho do Poção, cujas nascentes encontram-se sobre serras e planaltos localizados no SW. A do Macururé é também bastante extensa, 5236 km², 19,12% da região, e nela encontram-se as bacias do rio Macururé e do riacho da Vargem. A encosta de sotavento do Tabuleiro de Tucano Norte, linear e íngreme, faz contato abrupto com a depressão do Macururé.

A depressão do Tourão, localizada no oeste da região, é uma das menores. Com 1991 km² de área se diferencia das demais por ser constituída, em grande parte, por calcário e calcrete recentes, depositados no Pleistoceno. Estudos conduzidos por Inda & Barbosa (1978) já correlacionavam a gênese deste calcrete a processos pedogenéticos e diagenéticos sobre rocha carbonática retrabalhada da Formação Salitre, do Grupo Una, datada do Proterozoico Superior. Amplas superfícies pedimentadas e extremamente planas, únicas na RPGA-MC, caracterizam esta depressão, localmente denominada Deserto de Juazeiro.

A depressão do Leste é a menor dentre todas, 1129 km², e ocupa todo o setor de barlavento do Tabuleiro de Tucano Norte. Os segmentos festonados da encosta deste tabuleiro transicionam com as superfícies planas da depressão até alcançar o rio São Francisco. Outrora, antes das barragens de Luís Gonzaga e Paulo Afonso, os cânions neste trecho do São Francisco respondiam por processos geomorfológicos fluviais e pluviais regressivos acentuados e potencializados pela maior umidade local, cujas isoietas chegam a 600 e 700mm. Esta dinâmica se propagava até o tabuleiro, esculpindo ravinas e recuando a linha de encostas — mesetas testemunham esta evolução pretérita.

As paisagens dominantes nas depressões se caracterizam pela horizontalidade topográfica; frequência da pecuária extensiva, sobretudo de caprinos e ovinos que fragmentam e degradam a vegetação; porte arbustivo em detrimento do arbóreo; e expressiva ocorrência de solos desnudos com erosão laminar, difusa e em sulcos.

§.3.2.2 Tabuleiro de Tucano Norte

O Tabuleiro de Tucano Norte é a segunda maior unidade geomorfológica da RPGA-MC. No conjunto dos segmentos que o constituem — topo, encostas, patamar e platô — somam-se 3924 km² de área, cerca de 14,33% da região. Formado entre o Mesozoico e o Terciário, exhibe substrato rochoso constituído por arenito, conglomerado, folhelho e siltito (ou sedimentos). O nível topográfico de cimeira alcança altitudes entre 420 e 730m, com caimento para o N, em direção à calha do rio São Francisco. A porção central e oriental deste tabuleiro é seccionada por riachos que esculpem ravinas e cânions profundos. O riacho Baixa do Chico se destaca dentre todos por ser acentuadamente encaixado e exhibir altos paredões rochosos verticalizados.

No quadrante de NW do tabuleiro, excepcionalmente, aflora o Grupo Ilhas, uma intercalação de arenitos e argilitos finos e calcários silicificados, onde evolui o Platô do Tonã, uma pequena chapada de 153 km², alongada no sentido N/S, também designada Serra do Tonã. Trata-se de um dos relevos mais peculiares desta unidade por colocar em evidência os contatos litológicos do substrato sedimentar. A abundância em silicatos no corpo rochoso do platô responde por processos erosivos diferenciados, que lhe proporcionam maior sustentação e conservação, em relação aos relevos adjacentes.

A disposição N/S do tabuleiro redireciona a circulação dos ventos de leste e produz efeitos de *barlavento* e *sotavento* — as isoietas médias anuais estão entre 400 e 700mm e entre 400 e 500mm, respectivamente, em cada setor. Deste modo, a aridez é maior e atinge toda a região exposta ao sotavento, enquanto no barlavento estas condições são muito menos intensas. Os processos pedogeomórficos em cada face do tabuleiro tornam-se bastante distintos, podendo ser identificada maior frequência dos processos de dissecação nas encostas de barlavento e de termoclastia no sotavento. Por consequência, a Depressão do Macururé,

localizada no oeste dos tabuleiros, apresenta pedimentação muito desenvolvida; e a do Leste, grande incidência de relevos residuais, testemunhos do recuo das encostas, como mesetas e morros.

5.3.2.3 Planaltos Cársticos

No extremo SW da região encontra-se um pequeno planalto, situado no sopé das elevações da Chapada Diamantina, que representa a porção terminal de um planalto muito mais extenso, fora dos limites da RPGA-MC. As superfícies de maior ocorrência deste domínio carbonático Neoproterozoico se localizam no centro-norte da Bahia, onde existem os mais importantes sítios espeleológicos do estado. Apenas 372 km² deste planalto encontram-se na RPGA-MC, desenvolvendo-se sobre calcarenito, calcilutito, calcirrudito e silexito da Unidade Nova América, Gabriel e Jussara Superior, que integram a Formação Salitre do Grupo Una, depositada no Proterozoico Superior.

As correlações genéticas entre os relevos deste planalto e a depressão do Tourão são muito evidentes e demonstram a natureza multifacetada dos processos geomorfoclimáticos sobre as rochas carbonáticas deste setor da Bahia, cujas dinâmicas temporais resultaram na formação de relevos cársticos altimetricamente contrastantes — o planalto e a depressão. As declividades muito baixas da depressão apontam para a natureza incisiva de processos de pediplanação.

5.3.2.4 Morros e Colinas

Morros e Colinas abragem 3490 km² — 12,75% da região — de superfícies interfluviais, apresentando diferentes graus de dissecação, em resposta à densidade de fraturas e contatos litológicos. As maiores dissecações ocorrem sobre micaxisto, mármore, quartzito, arcóseo, arenito e conglomerado da Unidade Macururé, com alta frequência de diques, contatos e falhas, cujo metamorfismo imprimiu acentuada foliação às rochas. Estes litotipos estão sujeitos à erosão diferencial intensa que tem dissecado profundamente o relevo, exceto sobre granito, granodiorito, migmatito e granitoide, da Suite Intrusiva Peraluminosa Xingó, mais homogênea e coesa, dando lugar a dois patamares *planos* ou *suavemente ondulados*.

5.3.2.5 Serras e Maciços Residuais, Patamar, Platô e Meseta

Uma feição recorrente nos domínios semiáridos são os relevos residuais remanescentes de longos e sucessivos processos erosionais. Restam alçados nas depressões, sob forma de serras e maciços, como inselbergues e lajedos. Foram mapeados 357 inselbergues de incontáveis formas e tamanhos. Este conjunto de relevos ocorre em 1194 km² da região e encontra-se pulverizado por toda a extensão das depressões. Evoluem principalmente sobre rochas ígneas do Paleoarqueano, Neoarqueano e Mesoproterozoico e, pontualmente, no calcarenito e calcilutito dos morros localizados no leste da depressão do Curaçá. Representam parte das Formações Acauã e Juete, do Grupo Estância, depositadas no Proterozoico, cujos depósitos são mais expressivos no estado de Sergipe, limítrofe à Bahia.

Pequenos Patamares ocorrem no setor sul das Colinas e Morros, e um único foi mapeado no tabuleiro. O Platô do Tonã é, conforme descrito acima, um relevo excepcional modelado no Tabuleiro de Tucano Norte, e as Mesetas, na Depressão do Leste, constituem residuais da dinâmica de regressão das encostas expostas ao barlavento do tabuleiro.

5.4 Modelagem Espacial Geoambiental

A natureza multifacetada e multiescalar da desertificação demonstra uma outra face da dimensão da complexidade das dinâmicas socioambientais numa paisagem transformada à exaustão. Ao longo do segundo capítulo foram discutidas as diferentes concepções referidas na literatura acerca do conceito de paisagem, a partir das quais, consensua-se, que *Paisagem* é a materialização, no espaço, da evolução integrada e interdependente, entre o homem — agregado às atividades produtivas inerentes à sua humanidade — e a natureza. Múltiplos universos, distintas temporalidades.

Assim, foi imprescindível resgatar a classificação taxonômica das paisagens descrita por Bertrand em 1968; as concepções de Tricart (1977); e as contribuições de Henri Erhart (1966, 1962) relativas às condições de equilíbrio dinâmico. Estas, foram, como mencionado no referido capítulo, as bases teóricas e conceituais que lastrearam o estudo das paisagens e da desertificação nas terras secas dos sertões da RPGA-MC²⁴.

Estas premissas ajudaram a melhor compreender o conceito de paisagem na perspectiva geográfica, e trazê-lo, mais uma vez, para identificar as Unidades de Paisagem na região. Deste modo, Unidades de Paisagem, para o escopo desta tese, são espaços onde foi possível discriminar paisagens que guardam homogeneidade fisionômica, funcional e nas configurações temporais e espaciais, bem como, nos processos e dinâmicas evolutivas, tendo em vista, uma unidade escalar cartograficamente compatível para representá-las.

Par e passu, os objetivos específicos propostos orientaram as etapas de mapeamento das UPs, em especial no que se refere à relação entre os níveis de desmatamento, de solo exposto e de remanescentes florestais, frente aos processos de degradação ambiental, e à CS, ou seja, as potencialidades e restrições das UPs, para abrigar as atividades humanas. Desta forma, a partir das Unidades de Paisagem e da Capacidade de Suporte foram discriminadas as Áreas em Processo de Desertificação — áreas de maior adensamento das atividades humanas e de maior degradação ambiental.

As modelagens foram aplicadas a parte dos mapas temáticos e dos dados elaborados e discutidos nesta tese (Tabela 5.27), e resultaram em um conjunto de mapas de síntese (Tabela 5.28) que proporcionaram uma interpretação mais aprofundada sobre o processo de desertificação, visto possibilitar integrar mais de um tema, superando, em grande medida, os produtos temáticos. Por tais aspectos, foi possível reafirmar as ponderações feitas ao longo desta tese e pontuar questões importantes, estreitamente imbricadas a este processo.

Tabela 5.27 - Mapas utilizados na Modelagem Espacial Geoambiental

Mapa	Fonte
Índices de Vegetação NDVI e EVI	Raquel Vale - 2018
Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	
Declividade	
Aspecto	
Solos	Sig-Bahia, SRH - Embrapa - 2003
Pastagens naturais - área dos estabelecimentos rurais	Raquel Vale - 2018

²⁴ Junto aos referenciais citados, considerou-se também a metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil e o disposto na Resolução CONERH N° 43/2009, Artigo 2º, quando alude à *Unidades de Análise*, ou de paisagem, como espaços que se constituem por “características naturais, sociais e econômicas mais homogêneas ou similares, de acordo com as necessidades de gestão das águas estaduais da RPGA”.

Pastagens plantadas em boas condições de uso - área dos estabelecimentos rurais	Mapas elaborados a partir dos dados do Censo Agropecuário - IBGE - 2006 e PAM - 2016
Extensão de terras destinadas à lavoura permanente	
Extensão de terras destinadas à lavoura temporária	
Efetivo dos rebanhos bovino, caprino e ovino	
Vegetação legalmente protegida - Área de Preservação Permanente e Reserva Legal	
Matas e/ou florestas naturais (exceto Área de Preservação Permanente e sistemas agroflorestais)	IBGE, 2010.
População rural, povoados, aguadas e barragens	

Tabela 5.28 - Modelagem Espacial Geoambiental

Mapas-Síntese
Índices de Vegetação NDVI e EVI
Vegetação Remanescente: Vegetação legalmente protegida - Área de Preservação Permanente, Reserva Legal, e Matas Naturais
Pastagens e Capacidade de Suporte
Uso das Terras - Pecuária e Agricultura Efetivo caprino, bovino, ovino Lavoura Permanente e Lavoura Temporária Lavoura Permanente, Lavoura Temporária e Efetivo dos Rebanhos
Remanescentes de Caatinga e Vegetação legalmente protegida
Declividade, Solos, Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação
Mapa da população rural, povoados, aguadas e barragens

5.4.1 O uso das terras

Antes de tudo é importante ressaltar que a ocupação das terras e as atividades rurais na região são realizadas em função das potencialidades locais e das possibilidades de produção da população, sejam individuais e/ou coletivas. Isto é observado principalmente quando se tratam de pequenas propriedades de subsistência. De todo modo, o relevo exerce um papel fundamental. Por um lado, pode favorecer para que a agricultura e a pecuária se desenvolvam, como por exemplo, nas planícies e terraços flúvio-aluviais, mas também pode ser um obstáculo e inviabilizar qualquer tentativa.

As depressões constituem as tipologias mais amplamente desenvolvidas. Estes espaços são ocupados por pecuária extensiva, com sobrepastejo, fragmenta a caatinga em inúmeras mosaicos de células de desertificação, cujos solos desnudos, ora compactados ou inconsolidados, ora pedregosos ou litólicos, exibem profunda erosão laminar, difusa, sulcos e em lençol. Tal dinâmica é sazonal e controlada pelo volume e duração das precipitações, porém, é muito significativa, uma vez, que remove importante volume de sedimentos para as linhas de drenagem. Progressivamente e, na dependência da declividade, modela feições desnudas, células, ou zonas de acumulação. Mínimas rupturas de declive são suficientes, nos períodos de chuva, para mobilizar os sedimentos, morfogênese esta que retarda ou impede a formação de solos e recolonização vegetal.

O tabuleiro de Tucano Norte, segunda maior unidade geomorfológica e, devido a disposição N/S do seu eixo maior e as altitudes, redirecionam a circulação dos ventos de leste e produz efeitos de *barlavento* e *sotavento* — as isoietas médias anuais estão entre 400 e 700mm e entre 400 e 500mm, respectivamente, em cada setor. Deste modo, a aridez é maior e atinge toda a região exposta ao sotavento, enquanto no barlavento estas condições são muito menos intensas. Os processos pedogeomórficos em cada face do tabuleiro são bastante distintos, podendo ser identificada maior frequência dos processos de dissecação nas encostas

de barlavento. Já, a Depressão do Macururé, localizada no oeste dos tabuleiros, apresenta pedimentação muito desenvolvida. Deste modo, o uso das terras é distinto — no barlavento predomina alta densidade de propriedades que praticam a agricultura lado a lado com a pecuária, enquanto no sotavento, a pecuária é praticamente a única atividade produtiva.

Outro ponto importante a ressaltar, em relação aos usos das terras, é que todos os municípios praticam a pecuária extensiva em pastagens naturais, que são, desta forma, vitais para o setor e, por isto, presentes em todas as propriedades.

Agregando a estas avaliações os dados da Estrutura Fundiária, PIB *per capita*, Extrema Pobreza, Programa Bolsa Família, CG, IDHM e IFDM, todos muito desfavoráveis, evidencia-se que esta condição extensiva da pecuária, advém, em grande medida, de fatores que ultrapassam a questão da semiaridez e das secas. Estão nos aspectos políticos-institucionais da governança, as respostas, objetivamente, mais pertinentes para se compreender o perfil socioeconômico da região, tão dependente das atividades primárias da economia e dos programas de transferência de renda.

Não se trata somente de uma questão climática, mas também da ausência ou insuficiente presença do Estado para fazer chegar à região os meios capazes de gerar outras estruturas que proporcionem um salto de qualidade na educação, na economia, e na geração de emprego e renda. Ademais, garantir a oferta de água, com regularidade, qualidade e quantidade, para o pleno desenvolvimento das atividades rurais, é vital diante da semiaridez.

Em que pese a ação da ASA²⁵, o mais eficaz Programa de tecnologias sociais de água para o sertão, para prover os recursos públicos necessários para dinamizar a região, é também indispensável a presença do Estado. As organizações e grupos privados não se instalam, espontaneamente, em terras semiáridas. É o Estado quem cria as estruturas e os incentivos para atrair este capital.

As forças políticas, da Bahia, do Nordeste e do país, protagonizam, portanto, um papel decisivo na governança. Porém, é seletivo e pontual, vulnerabilizando e sujeitando a região a um poder não-local, visto que, no nível *local*, não existem as forças políticas necessárias para fazer frente ao arranjo político dominante. Resta, reafirmar, que a condição estratégica da região, o sub-médio São Francisco, é o fator determinante deste jogo, visto sua importância hídrica, energética e econômica para o país.

Neste cenário político-institucional, as populações dos sertões secos, secularmente excluídas, persistem carentes de instrumentos e medidas efetivas que lhes garantam a formação de uma sociedade menos desigual, que poderia estabelecer uma relação mais sustentável com a natureza e diminuir a pressão sobre os recursos ambientais.

Os mapas apresentados na Figura 5.38 espacializam, por município, a distribuição das pastagens naturais, das pastagens plantadas, e a CS das caatingas para o desenvolvimento da pecuária. As maiores extensões de terras ocupadas por pastos naturais encontram-se em Curaçá — cerca de 74% da área do município ainda é destinada à pecuária extensiva —; e

²⁵ O Programa Um Milhão de Cisternas, criado pela Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) teve início nos anos 2000 para garantir água para a população que vive no campo. É uma rede formada por mais de três mil organizações da sociedade civil que defende, propaga e põe em prática, inclusive através de políticas públicas, o projeto político da convivência com o Semiárido.

entre 40% e 50%, em Chorrochó, Glória Macururé e Paulo Afonso. Some-se a isso, que quase 87% do número de propriedades em Macururé; 77% em Chorrochó; e 60,17% em Curaçá; utilizam pastos naturais — Juazeiro, Paulo Afonso e Glória, usam entorno de 55%. As pastagens plantadas só têm relevância em 02 municípios — Abaré e Jaguarari, seguidos por Paulo Afonso. Em todos os demais, este dado é inferior a 1%, o que evidencia claramente o forte predomínio das pastagens naturais na região.

A grandeza destes dados reflete a existência de um processo de transformação da vegetação que é histórico, e que tem levado ao declínio da CS das caatingas para a pecuária extensiva. Os danos sobre as espécies vegetais do bioma são inegáveis e se revelam no empobrecimento biológico e na sucessão ecológica, acompanhada por grave ameaça à fauna — em parte, estimada como já extinta.

O subcapítulo 4.1.2 discorre sobre a CS das caatingas e apontou que, em condições de baixa transformação da paisagem, a CS chega a 4,5 ha/cabeça/ano — valor médio caprinos, ovinos e bovinos, sugerido em 2002 por Araújo Filho & Crispim. Os autores avaliaram também que as pastagens naturais possuem baixa CS para caprinos e ovinos — 1,0 ha/cabeça/ano. Em trabalho posterior, Araújo Filho (2014), considerou que a caatinga arbórea pode alcançar entorno de 10 a 12 ha/bovino/ano; 1,5 a 2,0 ha/caprino-ovino/ano; e a caatinga parque, menos densa, de 3,5 a 4,0 ha/bovino/ano e 0,5 a 0,7 ha/caprino-ovino/ano.

O lapso temporal destas estimativas e os cenários atuais sugerem situações mais pessimistas, visto que não ocorreram modificações relevantes nas estruturas produtivas regionais. Ao contrário, permanecem basicamente inalteradas, à exceção dos “novos” espaços produtivos. Nestes, os sistemas agrícolas tecnificados da moderna agricultura conservadora, implantados ao longo do São Francisco, reorganizaram o território, que passou a apresentar a lógica do agronegócio, porém, mantendo as estruturas de poder das oligarquias, ainda presentes, nos sertões semiáridos.

Entretanto, a diversidade do bioma e os múltiplos contextos geográficos relativizam os dados da pecuária extensiva, abrindo a perspectiva para o estabelecimento de critérios locais, que podem torná-los mais graves. Independentemente, é inquestionável que a baixa CS da caatinga exige, cada vez mais, grandes áreas de pastejo para sustentar os rebanhos. Em decorrência, são gerados mecanismos e processos de degradação progressiva e contínua que tem sido uma das causas da desertificação, citada com frequência pelos estudiosos do assunto²⁶. Considerando que a pecuária é a mais importante atividade econômica para as populações rurais e que o efetivo de animais tem crescido, constata-se a severidade da questão.

²⁶ O capítulo 1 desta tese discorre sobre o processo de desertificação e apresenta uma série de estudos que são unânimes em apontar a pecuária extensiva como a variável causal mais evidente na deflagração do processo.

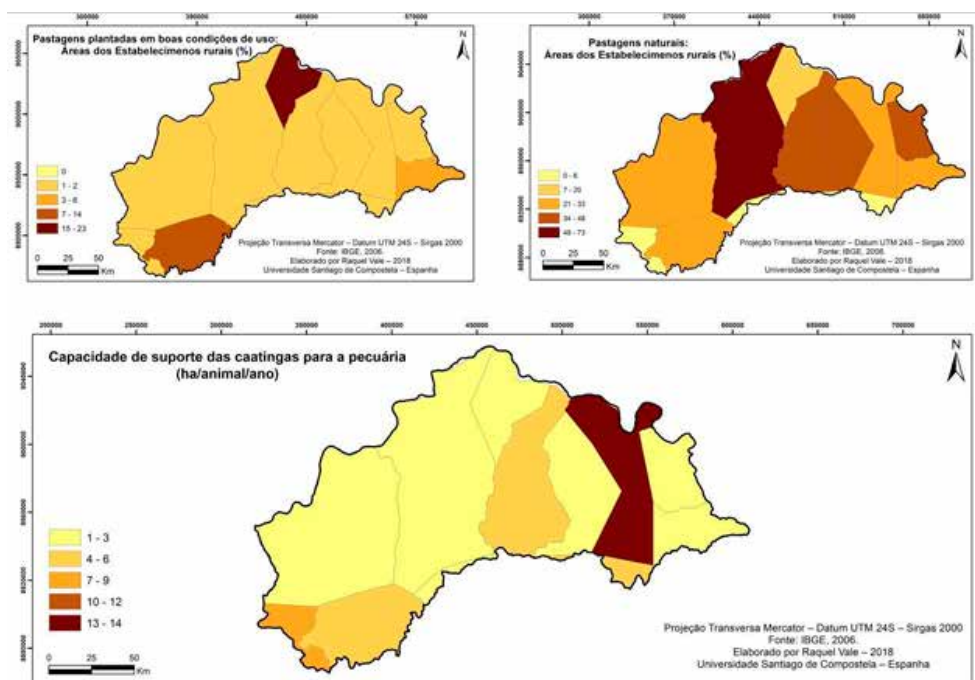


Figura 5.38 - Mapa das Pastagens e da Capacidade de Suporte das Caatingas à Pecuária

Os dados analisados no subcapítulo 3.2.2.8 caracterizaram os rebanhos na região — mais de 92% é formado por caprinos e ovinos, animais melhor adaptados à semiaridez dos sertões. São estes, principalmente, que têm provocado maior dano nas caatingas e ampliado as áreas de pastejo extensivo. Apesar do menor porte, em relação aos bovinos, a magnitude do efetivo dos rebanhos está além da capacidade de autorecuperação das pastagens naturais. A Tabela 5.29 apresenta a CS das caatingas em relação à pecuária, calculada para todo o efetivo de animais.

Tabela 5.29. Capacidade de suporte das caatingas à pecuária na RPGA-MC

Municípios*	Extensão territorial (hectare)	Efetivo caprino, ovino e bovino (média 2003, 2008, 2013, 2016)	Capacidade de suporte (ha/animal/ano)
Juazeiro	556525	349821	1,6
Abaré	148500	84255	1,8
Curaçá	607900	264689	2,3
Paulo Afonso	111354	48248	2,3
Macururé	229430	79132	2,9
Gloria	125560	41100	3,1
Jaguarari	193523	49852	3,9
Chorrochó	300530	71705	4,2
Rodelas	272350	19644	13,9
	Total: 2545672	Total: 1008446	Média**: 2,8
	CS média sugerida por Araújo Filho & Crispim em 2002		4,5

* Para evitar dados discrepantes, considerou-se apenas os municípios totalmente inseridos na RPGA-MC e os que apresentam relevante parte de seu território inserido na região (Juazeiro e Jaguarari).

**A média exclui o valor de Rodelas visto sua discrepância em relação aos demais municípios.

A média para a região — 2,8 ha de pastos para cada animal, por ano — está abaixo do valor estimado como adequado para o semiárido brasileiro (4,5 ha/cabeça/ano). Trata-se de uma CS baixa, que deriva condições de superpastejo e que afeta fortemente a vegetação. Brotos e folhas jovens são fácil e rapidamente alcançados pelos animais, sobretudo, caprinos e ovinos, anelando os galhos e prejudicando o crescimento das plantas.

A capacidade de suporte das caatingas à pecuária (Figura 5.38) permite dimensionar a abrangência territorial da avaliação feita. Predominam pastagens naturais com superpastejo, onde, entre 2 e 4 ha de terras são pastejadas por apenas 1 animal. Consequentemente, a vegetação torna-se sujeita a forte pressão ecológica que se propaga para os demais componentes da paisagem, sobretudo, solos e recursos hídricos, afetando negativamente a produção e a produtividade das atividades rurais.

Juazeiro e Curaçá, que possuem os maiores efetivos de caprinos e ovinos, têm CS igual a 2, situação muito desfavorável para as caatingas. Juntos, abragem 46% da RPGA-MC, ou seja, têm gerado danos e degradações que alcançam quase a metade da região. Considerando-se os efeitos sobre a fragmentação e sucessão da caatinga, estima-se que este cenário esteja produzindo condições agudas de exposição dos solos às intempéries e à morfogênese, propícias para desenvolver desertificação.

O único município que não se enquadra nesta situação é Rodelas — CS de 13,9 ha/animal/ano. A Estação Ecológica Raso da Catarina e os territórios indígenas Pankararé e Tuxá, aí localizados, explicam parcialmente esta alta CS numa região onde prevalecem dados diametralmente opostos. As restrições e proibições definidas pela legislação ambiental ao uso de áreas protegidas têm preservado a caatinga e proporcionado melhores condições ecossistêmicas para que a vegetação se desenvolva com um *estresse* ambiental, relativamente, mais baixo. As formações vegetais mantêm-se muito mais adensadas, com maior porte e exuberância, do que o seu entorno.

Mesmo considerando a distinção recomendada por Araújo Filho (2014) em relação ao tipo de caatinga, ainda assim, tem-se uma CS baixa para a região. Some-se a isto, o grande nível de transformação da vegetação na RPGA-MC identificada nos dados produzidos no mapa Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação, onde, em 2009, há quase 10 anos, 75,26% da região já se encontrava transformada por atividades humanas (capítulos 5.1 e 5.2). É seguro compreender, portanto, que as pastagens naturais estiveram e ainda estão sujeitas a danos e degradações muito elevados, passíveis de criar dinâmicas que têm conduzido à desertificação.

Este cenário demonstra o quanto a pecuária extensiva é responsável pela degradação das paisagens rurais, onde cada vez mais, as áreas de pastejo têm sido utilizadas para além de sua CS, e impedido a ação de processos de autoregeneração. O número de animais por unidade de área tem aumentado regularmente, seja pelo crescimento dos rebanhos, seja pela escassez de recursos vegetais satisfatórios à dieta alimentar, seja pelo desmatamento da caatinga, seja porque, esta é, praticamente, a única fonte de renda das populações. Enfim, vários fatores explicam o superpastejo. A consequência imediata é a degradação do estrato herbáceo, devido ao desaparecimento das espécies forrageiras, estimulando o pastejo de brotos e folhas de arbustos e árvores. A sucessão ecológica é potencializada e, no longo prazo, resulta em profunda rarefação da vegetação, perda de diversidade biológica e exposição dos solos à erosão e desertificação.

As pastagens plantadas e em boas condições (Figura 5.38) são muito raras e atestam a persistência da pecuária extensiva nas caatingas. Somente Abaré apresenta alguma relevância, tendo 23,24% das terras ocupadas por pastos plantados, sobretudo, em grandes propriedades. Na sequência tem-se Jaguarari, em torno de 18%; nos demais municípios os dados são de pouca importância.

A modelagem espacial do efetivo dos rebanhos caprino, ovino e bovino (Figura 5.39) mostra a forte presença destes animais em Juazeiro — onde a média dos dados dos anos de 2003, 2008, 2013 e 2016, ultrapassou 349.000 cabeças — e em Curaçá, cerca de 264.000. Apesar de os demais apresentarem um efetivo muito aquém, inferior a 80.000 cabeças por município, o impacto sobre a paisagem é atestado pela baixa CS verificada em todos, sendo responsável direta pela degradação das terras.

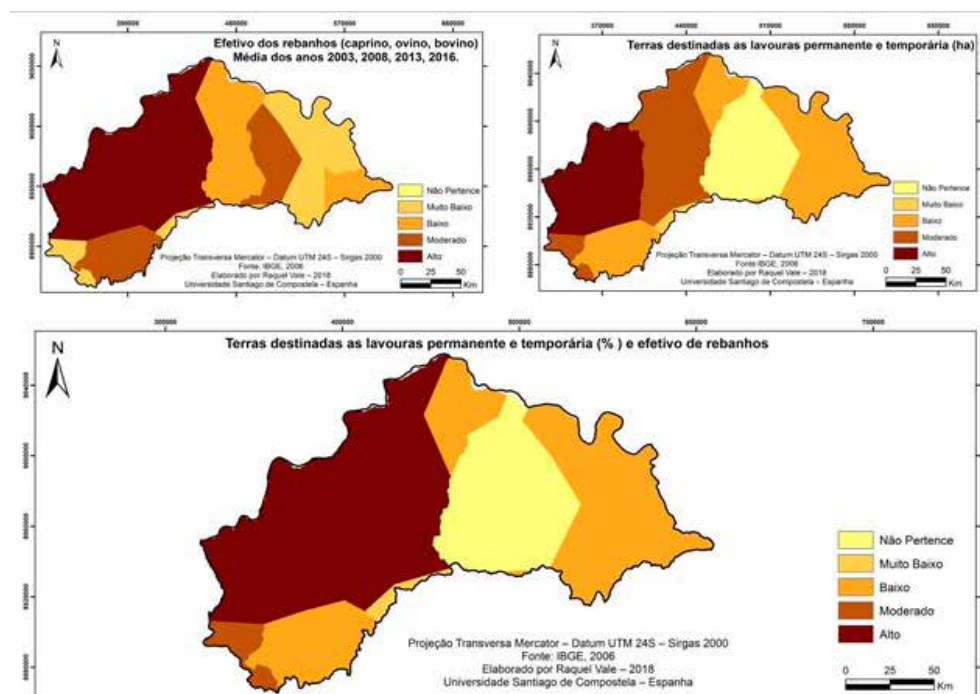


Figura 5.39. Mapa da modelagem espacial do Uso das Terras - pecuária e agricultura

Os cultivos, quando comparados à pecuária, ocupam espaços muito menores, por vezes, compartilhados com as áreas de pasto. A insuficiente presença do Estado frente às condições de semiaridez da região, restringem, sobremaneira, as áreas cultivadas. Porém, tanto a agricultura de sequeiro quanto a irrigada, são vitais para as populações que habitam estes sertões, que, guardadas as devidas proporções, sustentam as famílias, proporcionam renda e geram empregos. Entretanto, as secas exercem forte controle nas formas e nos tipos de cultivos de sequeiro, derivando flutuações importantes na qualidade e na produtividade agrícolas. Em períodos de longa estiagem podem inviabilizar totalmente as culturas e, atingir, até mesmo, as lavouras irrigadas.

As maiores extensões de terras destinadas às lavouras permanente e temporária, modeladas no mapa da Figura 5.39, ocorrem em Juazeiro e Campo Formoso, seguidos por Curaçá. São praticadas principalmente em propriedades privadas e em agrovilas, estas, implantadas pela Chesf e pela Codevasf à época da instalação das usinas hidroelétricas — anos de 1960/70 em Sobradinho, e anos 1980 em Rodelas. Em ambas situações, as principais lavouras estão localizadas ao longo do rio e reservatórios do São Francisco e praticamente inexistem às margens dos tributários e no interior dos municípios, visto a extrema intermitência dos fluxos.

A fruticultura e a cana de açúcar irrigadas são expressivas na cadeia produtiva do agronegócio, enquanto a produção de cebola, tomate, feijão, mandioca e outros produtos, nem sempre irrigados e de pouca representatividade regional, suportam dificuldades para subsistirem. Dependentes de água e do comportamento sazonal do mercado, tornaram-se mais vulneráveis, expondo os agricultores à frágeis condições econômicas e sociais, que provocam, recorrentemente, insegurança alimentar na região.

Macururé e Chorrochó são os municípios que apresentam os piores fatores para o desenvolvimento das lavouras, devido à maior aridez local, rusticidade da caatinga e pedregosidade dos solos. Ressalta-se que, contrariamente ao verificado na região, são também os únicos onde predominam propriedades entre 20 e 50 ha de extensão, possivelmente devido às condições ambientais restritivas que desestimulam as atividades rurais, inclusive a pecuária, conservando uma estrutura fundiária pretérita e conservando as terras praticamente sem uso.

O resultado da modelagem que integrou os dados relativos ao percentual de terras destinadas às lavouras permanente, lavoura temporária e efetivo de rebanhos (Figura 5.39), corrobora as análises que vem sendo feitas — a importância destas atividades em Juazeiro e Curaçá, em oposição a situação pouco expressiva dos demais municípios. Estes, colocados à margem, perpetuam uma fraca dinâmica econômica e social, baseada fortemente na pecuária extensiva, que os tornaram bastante dependentes.

É possível afirmar, diante dos cenários delineados, que é esta teia de fatores que tem provocado desequilíbrios nos sistemas ambientais e socioeconômicos da região — sobretudo a pecuária extensiva e de baixa CS —, que se retroalimentam e criam dinâmicas de baixa resiliência. A fragilidade ambiental, somada à insuficiente presença do Estado, repercutem de forma bastante desfavorável em todo o sistema, conduzindo-o à degradação e à insustentabilidade. Tal situação está em curso e vem sendo registrada recorrentemente na RPGA-MC e evolui, progressivamente, para desertificação.

As terras ocupadas por pastagens plantadas, já degradadas e inaproveitáveis para a pecuária e cultivos, ocorrem em Chorrochó, Macururé e Juazeiro; e as terras degradadas por erosão, desertificação e salinização são registradas, porém, de forma incipiente, também em Abaré.

5.4.2 Os remanescentes de vegetação

Na outra ponta desta situação de transformações agudas da paisagem tem-se remanescentes formados por diferentes fragmentos e tipologias de caatingas, que abrangem 24,74% da região. Foram discriminados no mapa Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação e referidos nos dados censitários²⁷.

A modelagem destes dados (Figura 5.40) evidencia que as matas naturais são significativas apenas em Rodelas — cerca de 61% da área das propriedades possuem remanescentes de caatingas. Localizado no Tabuleiro de Tucano Norte, abriga parte da Estação Ecológica Raso da Catarina e territórios indígenas que têm contribuído para a manutenção de extensas caatingas bem conservadas, um dos maiores fragmentos contínuos do nordeste da Bahia. A relevante importância biológica destes remanescentes justificou a criação do Corredor Ecológico da Caatinga (Portaria nº 131 de 2006/MMA). Porém, no que se refere à áreas de preservação permanente e reserva legal²⁸, o dado é irrelevante — menos de 1% das terras do município é protegida — o que coloca os remanescentes em situação de grande vulnerabilidade.

Curaçá, Jaguarari, Juazeiro e Paulo Afonso apresentam cerca de 20% da área das propriedades rurais cobertas por vegetação, localizadas, sobretudo, nos sistemas interfluviais, nos serrotes e inselbergues. Quanto a matas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal destaca-se apenas Chorrochó e Macururé, que protegem cerca de 10%.

Cabe ressaltar que a distribuição dos remanescentes de vegetação reflete um padrão controlado, sobretudo, pelas formas do relevo e pelas propriedades dos solos. Nas depressões, revestem serras, serrotes, morros e inselbergues, restando desnudos os sopés, frequentemente, áreas desmatadas ou ocupadas por pastagens. Os afloramentos persistem nestes relevos de forte rugosidade e constituem *habitats* geomorfológicos diferenciados dos pediplanos de entorno. No tabuleiro, os neossolos quartzarênicos bastante friáveis, lateritizados ou não, muito secos, dificultam as atividades rurais e, por isto, também, conservam grandes remanescentes de caatingas.

Desta forma, estima-se que a existência de remanescentes de vegetação na região, exceto nas áreas protegidas, ocorre preferencialmente devido a fatores limitantes ao uso, dentre os quais, relevo e solos. Todos os sistemas interfluviais e formas rochosas menores, como serrotes e inselbergues, com encostas íngremes ou escarpadas, conservam remanescentes. Solos pedregosos e/ou quartzarênicos também apresentam maior adensamento e conservação da vegetação. Capões de mata são frequentes nestas tipologias, em especial, ao longo das linhas de drenagem.

²⁷ O Censo Agropecuário/2006 faz o registro das *matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal e Matas e/ou florestas naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais)*. Estima-se que há correspondência entre este dado e a categoria mapeada, Remanescentes de Vegetação discutida no subcapítulo 10.1.2.

²⁸ As Áreas de Preservação Permanente e as Reservas Legais não integram o SNUC. São descritas no Novo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº 12.651/2012.

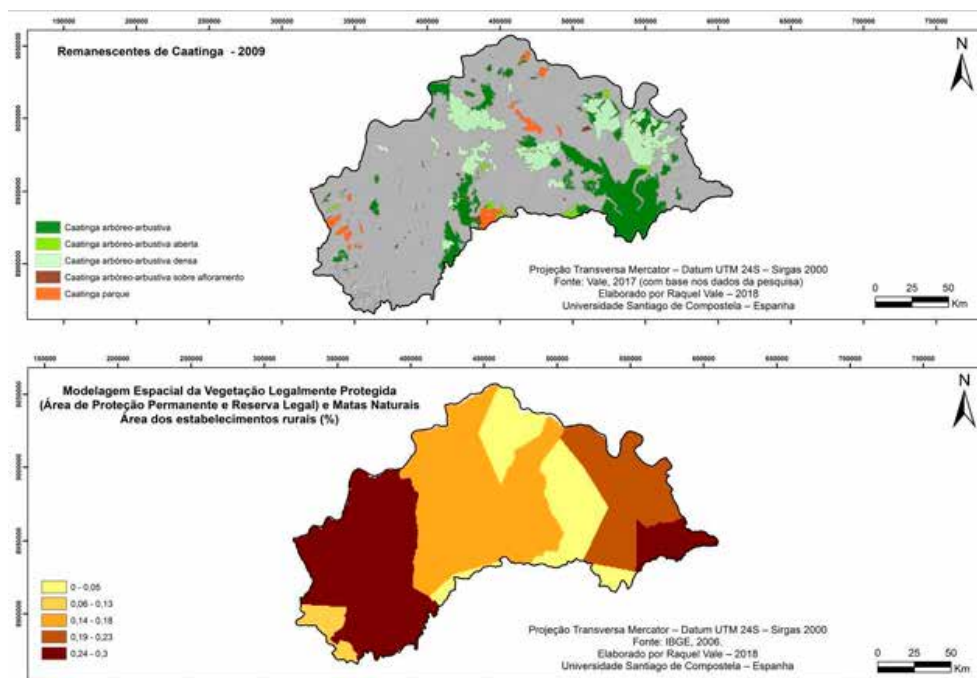


Figura 5.40. Mapa da modelagem espacial dos Remanescentes de Vegetação

5.4.3 Os índices de vegetação NDVI e EVI

O comportamento sazonal, interanual e a distribuição espacial dos índices de vegetação, principalmente no decorrer da estação seca, evidenciou a importância das condições climáticas sobre a região semiárida, sobretudo, por deflagrar índices de aridez acentuados. A fragilidade ambiental se amplia e uma série de processos físicos, biológicos e socioeconômicos, constroem dinâmicas que podem conduzir à desertificação.

O subcapítulo 5.1, ao avaliar os dados do NDVI e do EVI, ressaltou o quanto é importante a relação do efeito dinâmico da *incidência* ou *ausência* de chuvas sobre os processos de caducifolia — até que ponto os baixos valores dos índices podem indicar um fenômeno biológico e/ou ecológico natural ou expor um cenário ambiental de ausência de vegetação, ausência esta decorrente ou agravada pelas atividades humanas. Constatou também que a repetida incidência temporal de superfícies sob máxima caducifolia, sustenta a hipótese de que são, nestes espaços, que estão em curso os processos de desertificação. Tais resultados foram retomados, neste capítulo, para subsidiar as interpretações da modelagem espacial dos índices de vegetação.

As Figuras 5.41 a 5.44 apresentam os mapas da Modelagem Espaço-temporal dos Índices de Vegetação, onde se evidenciou, de forma muito clara, a distribuição, fortemente desigual, dos índices, ao longo da série histórica estudada — 2001, 2006, 2011 e 2016. Reforçam as discussões feitas no nono capítulo, sobretudo, no que se refere às consequências da sazonalidade das precipitações sobre os fatores fenológicos que regem as plantas da caatinga.

A rebrota dos dosséis e formação das gramíneas dependem de forma vital, destes fatores, condições que vulnerabilizam a paisagem aos processos de desertificação — quanto maior a exposição dos solos às intempéries, evaporação e morfogênese, maior será esta probabilidade.

As Tabelas 5.30 e 5.31 apresentam os dados destas modelagens. Em que pese as diferenças entre os intervalos e os valores máximos e mínimos do NDVI e do EVI, o padrão de distribuição assemelha-se. Os índices, recorrentemente, *muito baixo* e *baixo* incidem sobre as depressões, onde os processos de desertificação se manifestam de forma mais evidente, em oposição aos índices *alto* e *muito alto* , sobre os interflúvios e morros, que preservam alguma densidade de vegetação e não estão sujeitos ao processo, exceto em situações específicas, e incipiente. O *médio* , agrega valores intermediários e delimitam uma zona de interface, onde transformações na paisagem — naturais e/ou antrópicas — implicam em modificações que se propagam de forma difusa, *acima* e/ou *abaixo* deste limiar. Tais interfaces se constituem, neste sentido, zonas onde situações de estresse acentuado podem propagar processos de desertificação.

Ressalta-se, que diante da desfavorável configuração socioeconômica da região e da fragilidade das paisagens das caatingas, a possibilidade de propagações resistásticas é mais acentuada, ampliando progressivamente as áreas degradadas. Esta dinâmica resulta na formação de células e núcleos de desertificação onde persistem índices de vegetação sempre muito baixos, sobretudo, nas depressões.

**Tabela 5.30 - Modelagem espaço-temporal do Índice de Vegetação NDVI (fuzzy, gamma 7)
2001, 2006, 2011, 2016 - extensão territorial (km²)**

Modelagem espaço-temporal dos Índices de Vegetação NDVI (fuzzy, gamma 7) 2001, 2006, 2011, 2016 - extensão territorial (km ²)					
	NDVI março			NDVI agosto	
Espelho d'água	0 - 0,21	387	Espelho d'água	0 - 0,16	304
Muito baixo	0,22 - 0,39	1606	Muito baixo	0,17 - 0,29	6654
Baixo	0,40 - 0,47	3486	Muito baixo	0,30 - 0,34	9137
Médio	0,48 - 0,54	4977	Muito baixo	0,35 - 0,41	6249
Médio	0,55 - 0,61	6687	Baixo	0,42 - 0,50	2775
Alto	0,62 - 0,68	6401	Médio	0,51 - 0,61	1459
Muito alto	0,69 - 0,87	3649	Alto e Muito alto	0,62 - 0,90	615
Total	-	27193	Total RPGA-MC	-	27193

Os modelos do NDVI (Figuras 5.41 e 5.42) evidenciaram grandes e contínuas superfícies com índices, recorrentemente, *muito baixo* e *baixo* — nos dados de março, 19% da região, e no de agosto 91%. Incidem nas depressões do Tourão, do Curaçá e do Macururé; outras menores incidem na depressão do Leste. O sotavento do Tabuleiro de Tucano Norte é fortemente afetado por índices *muito baixo* ao longo das estiagens, como discrimina o modelo do NDVI de agosto.

Em oposição, o barlavento do tabuleiro, as serras do SW e os interflúvios, preservam índices *alto* e *muito alto* , que, no entanto, praticamente desaparecem no período seco, exceto, no leste do tabuleiro. A dinâmica barlavento/sotavento é replicada, em menor escala, nas serras, serrotes, morros e inselbergues, podendo dar origem à pés-de-serra²⁹ relativamente mais úmidos e vegetados.

²⁹ Aziz Ab'Saber faz referência e chama a atenção para a importância estratégica dos pés de serra, brejos, olhos d'água e abrejos na ocupação do semiárido brasileiro.

**Tabela 5.31 - Modelagem espaço-temporal do Índice de Vegetação EVI (fuzzy, gamma 7)
2001, 2006, 2011, 2016 - extensão territorial (km²)**

Modelagem espaço-temporal dos Índices de Vegetação EVI (fuzzy, gamma 7) 2001, 2006, 2011, 2016 - extensão territorial (km²)					
	EVI março			EVI agosto	
Espelho d'água	0 - 0,16	438	Espelho d'água	0 - 0,08	358
Muito baixo	0,17 - 0,27	2310	Muito baixo	0,09 - 0,14	10126
Muito baixo	0,28 - 0,32	5092	Muito baixo	0,15 - 0,18	10128
Muito baixo	0,33 - 0,36	6597	Muito baixo	0,19 - 0,23	3124
Baixo	0,37 - 0,41	6405	Muito baixo	0,24 - 0,30	1876
Baixo	0,42 - 0,46	4594	Muito baixo	0,31 - 0,38	1151
Demais classes	0,47 - 0,67	1757	Demais classes	0,39 - 0,72	430
Total	-	27193	Total RPGA-MC	-	27193

Os modelos do EVI (Figuras 5.43 e 5.44), mostraram uma situação muitíssimo mais grave — o predomínio de amplas extensões com índices *muito baixo* e *baixo* — 92% da região em março, e 97% em agosto —, ou seja, praticamente todas as superfícies, em toda a região. Somente as porções mais altas dos relevos, barlavento do tabuleiro e zonas agrícolas irrigadas apresentaram índices discretamente maiores, porém, no modelo de agosto, com acentuada redução.

Estes modelos trouxeram evidências que possibilitaram estimar que, para além da aridez dominante na região, é importante re-significar a variável *tempo*, ou seja, os reflexos decorrentes da exposição dos solos por meses ou anos a situações de seca. Este dado, *tempo*³⁰, pode ser inferido nos modelos por meio da grande abrangência espacial dos índices mais baixos, que revelam a gravidade dos danos provocados pelos longos períodos de estio. Em outras palavras, demonstra a permanência temporal de dinâmicas resistísticas em detrimento das biostáticas.

Também evidenciaram que as depressões estão sujeitas, durante todo o tempo, a insuficiência hídrica e, que, de fato, os efeitos sazonais agem apenas no sentido de agudizar os mecanismos de caducifolia. Os curtos períodos de chuva, mesmo na ausência do El Niño, são insuficientes para aportar água aos sistemas da paisagem. Grandes volumes se perdem por escoamento e por evaporação, e não retroalimentam tais sistemas, resultando no rápido retorno às condições de seca. As chuvas, fortemente concentradas em poucas semanas do ano, não mantém os dosséis fotossinteticamente ativos por muito tempo, e, assim, a vegetação permanece desfolhada, ou com baixa proporção de folhas sadias, durante longos meses, ou anos. Por extensão, no cenário temporal, a paisagem passa a apresentar as características decorrentes desta escassez hídrica — grandes superfícies com vegetação severamente desfolhada e/ou prestes a morrer. Aí, se incluem áreas onde a supressão da vegetação foi total, até áreas de vegetação esparsa, passando por situações de sucessão ecológica e nanismo.

³⁰ Considerando que os modelos dos Índices de Vegetação é uma síntese temporal dos anos 2001, 2006, 2011 e 2016, o fator tempo se revela na abrangência espacial das classes; numa relação direta: quanto maior a abrangência, maior a permanência das condições fotossintéticas negativas.

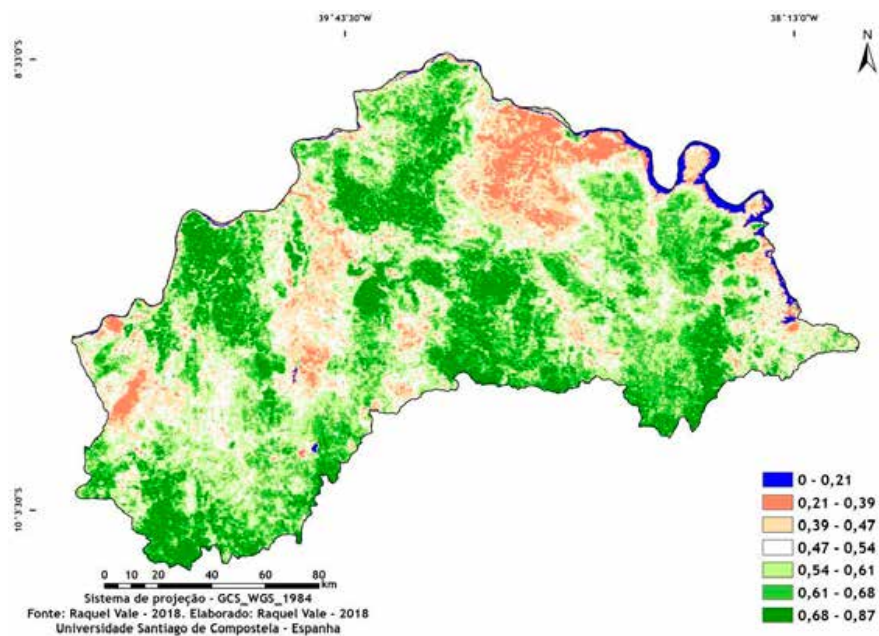


Figura 5.41. Mapa da modelagem espaço-temporal do NDVI - março 2001, 2006, 2011, 2016.

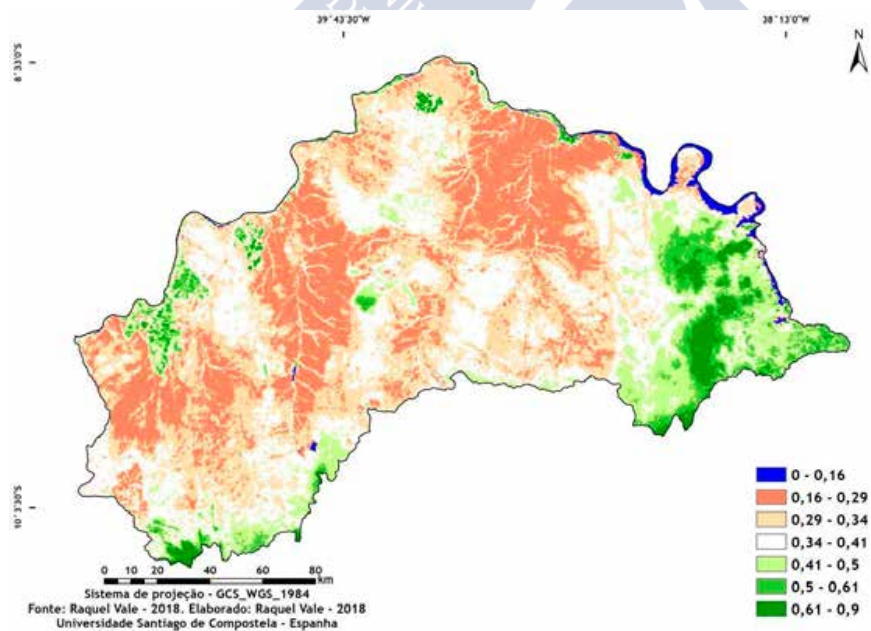


Figura 5.42. Mapa da modelagem espaço-temporal do NDVI - agosto 2001, 2006, 2011, 2016.

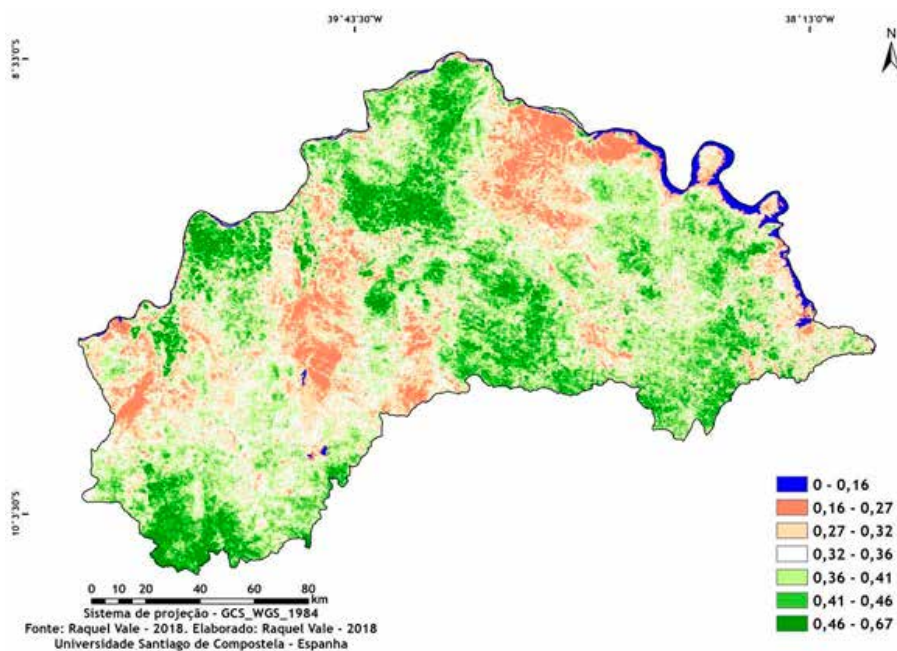


Figura 5.43. Mapa da modelagem espaço-temporal do EVI - março 2001, 2006, 2011, 2016.

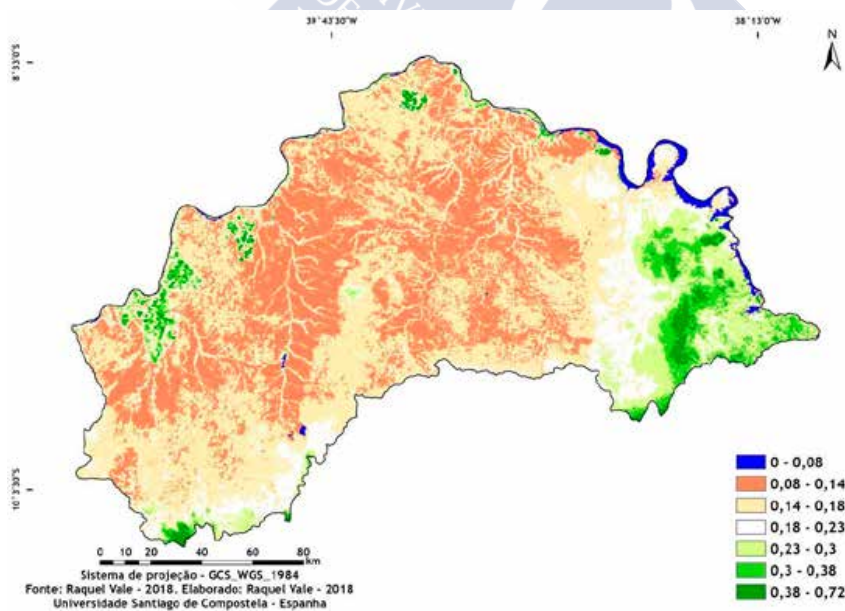


Figura 5.44. Mapa da modelagem espaço-temporal do EVI - agosto 2001, 2006, 2011, 2016.

Importa reiterar que as diferenças no tamanho das superfícies abrangidas nos modelos, indicam, que a vegetação, ao permanecer por longos períodos em dormência vegetativa, expressa a importância da xeromorfia para as plantas da caatinga. A retração das superfícies durante períodos de *seca* e a expansão nos períodos de *chuva*, em resposta ao xeromorfismo, não significa, porém, que sua riqueza ou grau de primitividade seja relevante, visto, a grandeza das áreas antropizadas por pastagens e cultivos, inclusive irrigados. Porém, tal mecanismo adaptativo possui limites que, ultrapassados, podem levar à morte das formações vegetais.

Dentre as herbáceas, as gramíneas, são as primeiras a desaparecer assim que se iniciam as secas. Na sequência, os estratos arbustivo e arbóreo, que transformam a caatinga numa vegetação totalmente desfolhada — a *mata branca*. No entanto, apesar dos rigores da caducifolia, os dados mostraram a permanência de remanescentes de vegetação com parte da folhagem preservada. Rios e riachos secos, serras, serrotes, morros e inselbergues geralmente preservam plantas com importante densidade de folhas saudáveis e verdes³¹, que foram captadas pelo sensor e discriminadas no NDVI e no EVI.

A superfície basal das extensas depressões e planícies, áreas de índices de vegetação sempre muito baixos e em forte contraste com os interflúvios, são as mais sensíveis à sazonalidade. Ressalta-se, que a bacia do Macururé foi a única grande área contínua, onde os índices permaneceram sempre muito baixos em ambos os modelos. Entretanto, a maior umidade retida nas linhas de drenagem das bacias do Macururé e Vargem, conservou os capões de mata, sugerindo a existência de condicionantes lito-estruturais e pedológicos, favoráveis à maior retenção de umidade.

A dominância de superfícies desnudas ou esparsamente vegetadas repercutem diretamente sobre a redução da umidade do ar e sobre os processos geomórficos, que se tornam preponderantes. Ao diminuir as infiltrações, os níveis freáticos aprofundam-se e, assim, o período de intermitência do sistema fluvial é aumentado. Neste contexto, as temperaturas diárias absolutas, que podem chegar a 38°C ou ultrapassar 40°C, maximizam a evapotranspiração e rapidamente, a aridez promove o desnudamento do dossel e o desaparecimento das gramíneas. O efeito do vento, quente e seco, principalmente sobre as superfícies menos vegetadas, potencializa ainda mais as perdas de umidade.

Trata-se, enfim, de uma série de desdobramentos, que a partir dos sistemas biológicos, afetam os sistemas físicos e os socioambientais e que se retroalimentam em dinâmicas de grande complexidade e de difícil avaliação.

As causas subjacentes da forte sazonalidade regional sobre a vegetação, são acentuadamente dinâmicas e, corroboram a premissa da alta sensibilidade da caatinga aos episódios de secas. É esta dinâmica sazonal, pendular e inexorável, talvez muito mais do que qualquer outra variável, que regula os processos fenológicos da vegetação e, por sua vez, a exposição dos solos à radiação solar, evapotranspiração e à morfogênese, condições propícias para o desenvolvimento da desertificação.

³¹ Merece destacar que os capões de mata exibem caatinga florestada com árvores muito altas, acima de 7 m, e grande exuberância no dossel, proporcionando abrigo para aves, répteis e roedores, dentre outros pequenos animais.

Some-se à esta gangorra sazonal, controlada pelo ENOS, os fatores modificadores derivados do relevo. Estes, como ficou demonstrado pelos modelos, criam na escala local, efeitos não derivados das dinâmicas globais e continentais. Em decorrência, os fatores locais passam a comandar as dinâmicas processuais e geram outras paisagens, que exigem uma interpretação que agregue outros fatores, como o relevo, os solos e as transformações antropogênicas, para explicar os processos de desertificação.


5.4.4 Os componentes da paisagem, superfícies transformadas e remanescentes de vegetação

Dentre os mapas e dados resultantes das modelagens espaciais (Tabela 5.28) foram selecionados 5 para criar modelos que melhor sintetizassem as feições das paisagens, a partir dos quais, foram elaborados os mapas das Unidades de Paisagem, cujos dados possibilitaram avaliar a Capacidade de Suporte e identificar Áreas em Processo de Desertificação. São eles:

- Declividade e Aspecto – expressam a morfologia do relevo e são importantes para avaliar questões relativas ao balanço morfogênese-pedogênese e situações distintas de exposição do relevo à radiação solar, discriminando os setores, relativamente, *mais* ou *menos* sujeitos a evapotranspiração.
- Solos – refletem os condicionantes do clima, da vegetação das características mineralógicas e deformacionais das rochas, nos processos pedogênicos.
- Índices de Vegetação – discriminam a distribuição espacial da vegetação fotossinteticamente ativa e sintetizam as conexões do sistema solo-planta-água.
- Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação – discriminam a distribuição espacial das áreas expostas às atividades humanas, bem como, onde subsistem remanescentes de vegetação, de certo modo, mais primitivos.

Conforme definido no subcapítulo 4.4.3, da metodologia, foram atribuídos pesos a cada classe mapeada nos referidos mapas³², (Tabelas 5.32 a 5.35). O critério utilizado nesta etapa buscou compreender cada tema na perspectiva sistêmica da paisagem — qual relevância intrínseca a cada um e quais outras são construídas a partir de suas interações. *Par e passu*, o balanço morfogênese-pedogênese foi considerado no sentido de se identificar o quanto cada classe, de cada tema, está correlacionada aos processos de desertificação.

Tabela 5.32 - Membros Fuzzy Declividade

Declividade (%)	Inclinação	Correlação com processos de desertificação	Membros Fuzzy
<1,0	Plano	Superfícies pouco sujeitas à dissecação e tendentes à pedimentação 	0,2
1,1 - 1,5	Fraco ondulado		0,5
1,6 - 2,0	Suave ondulado		0,6
2,1 - 2,5	Moderadamente ondulado		0,7
2,6 - 3,0	Ondulado		0,8
3,1 - 3,5	Muito ondulado	Superfícies sujeitas à dissecação e perda de solos	0,9
3,6 - 4,0	Forte ondulado		1,0
4,1 - 6,0	Íngreme	Superfícies nuas e paredões rochosos resistentes à morfogênese e à pedogênese.	0,3
6,1 - 10,0	Muito íngreme		0,2
10,1 - 20,0	Acentuadamente íngreme		0,1
20,1 - 60,1	Escarpado		0

³² Para os Índices de Vegetação não foi necessário atribuir pesos, porque são produtos no formato *raster*.

Tabela 5.33 - Membros Fuzzy Aspecto

Aspecto (graus)	Correlação com processos de desertificação	Membros Fuzzy
0 - 45	Condições intermediárias, transicionais.	0,4
46 - 90	Maior exposição à radiação solar durante o período matutino.	0,2
91 - 135	Evapotranspiração e aridez relativamente menor.	0,1
136 - 180	Condições intermediárias, transicionais.	0,3
181 - 225		0,8
226 - 270	Maior exposição à radiação solar durante o período vespertino.	1,0
271 - 315	Evapotranspiração e aridez relativamente maior.	0,9
316 - 360	Condições intermediárias, transicionais.	0,7

Tabela 5.34 - Membros Fuzzy Solos

Solos	Correlação com processos de desertificação	Membros Fuzzy
Argissolo vermelho-amarelo distrófico	Possuem grande susceptibilidade à erosão	1,0
Argissolo vermelho-amarelo eutrófico	Possuem grande susceptibilidade à erosão	1,0
Luvissolo crômico órtico	Apresentam revestimento pedregoso na superfície ou na massa do solo e normalmente uma crosta superficial de 5 a 10 mm de espessura, além de altos teores de silte. São altamente susceptíveis aos processos erosivos.	1,0
Neossolo flúvico eutrófico	Muito permeáveis, inconsolidados e friáveis. São fortemente suscetíveis à morfogênese	1,0
Neossolo quartzarênico		1,0
Neossolos litólicos distróficos		1,0
Neossolos litólicos eutróficos		1,0
Neossolos regolíticos eutróficos	Solos não hidromórficos e de textura geralmente arenosa, com alta susceptibilidade à erosão.	0,9
Vertissolos	Solos minerais pouco permeáveis, não hidromórficos, com 30% ou mais de argila ao longo do perfil, e presença de fendas de retração largas e profundas que se abrem desde o topo do perfil, nos períodos secos. Apresentam superfícies de fricção (slickensides). São muito suscetíveis à erosão	0,9
Planossolo háplico eutrófico solódico	Apresentam diferentes proporções de pedregosidade superficial e sedimentos friáveis. Possuem limitação quanto à umidade e são suscetíveis à erosão.	0,8
Planossolo nátrico órtico	Solos pouco desenvolvidos, de textura areno-argilosa, suscetíveis à erosão.	0,8
Cambissolo háplico eutrófico	Solos um pouco mais desenvolvidos, de textura areno-argilosa, homogêneos. Moderadamente suscetíveis à erosão.	0,6
Latossolo vermelho-amarelo distrófico	Solos um pouco mais desenvolvidos, de textura areno-argilosa, homogêneos. Moderadamente suscetíveis à erosão.	0,4

Tabela 5.35 - Membros Fuzzy Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação

Superfícies transformadas e remanescentes de vegetação	Correlação com processos de desertificação	Membros fuzzy
Aluvião	Sedimentos inconsolidados e friáveis formados por areias, grânulos e cascalhos fortemente suscetíveis à morfogênese.	1,0
Erosão flúvio-pluvial	Morfogênese intensa. Reduz ou impede a recomposição da vegetação e dos processos pedogenéticos. Produz acentuada remoção de sedimentos e matéria orgânica.	1,0
Solo exposto	Produz forte exposição às intempéries e acelera os processos de evaporação e morfogênese, ao tempo em que reduz a pedogênese.	1,0
Agricultura	Produz forte transformação em todos os sistemas da paisagem.	0,9
Caatinga parque	Amplia fortemente a exposição dos solos às intempéries e	0,9

antropizada	morfogênese.	
Mineração	Produz forte transformação em todos os sistemas da paisagem.	0,9
Caatinga arbóreo-arbustiva e sistemas erosivos	Produz remoção de sedimentos e matéria orgânica e amplia a exposição dos solos às intempéries e morfogênese.	0,9
Caatinga arbóreo-arbustiva, erosão e solo exposto	Produz remoção de sedimentos e matéria orgânica e amplia a exposição dos solos às intempéries e morfogênese.	0,9
Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada	Produz degradação da vegetação e amplia a exposição dos solos às intempéries e morfogênese.	0,8
Caatinga parque	Vegetação de médio e baixo porte e de baixa densidade, que expõe grande parte da superfície dos solos à intempéries e morfogênese.	0,8
Caatinga arbóreo-arbustiva antropizada e erosão	Produz remoção de sedimentos e matéria orgânica, amplia a exposição dos solos às intempéries e à degradação da vegetação.	0,7
Caatinga arbóreo-arbustiva aberta	Apresenta parte dos solos expostos e menor densidade de vegetação.	0,6
Caatinga arbóreo-arbustiva	Alta densidade de vegetação. Protege a superfície dos solos.	0,5
Caatinga arbóreo-arbustiva sobre afloramento	Alta densidade de vegetação sobre formas de relevo rochosas, pouco suscetível à degradação.	0,3
Caatinga arbóreo-arbustiva densa	Excepcional densidade de vegetação. Protege a superfície dos solos contra intempéries e morfogênese.	0,2
Área urbana	Total transformação dos sistemas da paisagem. Não se aplica aos indicadores de desertificação.	0
Represa Rio São Francisco	Espelho d'água.	0

As etapas de elaboração da modelagem espacial geoambiental contou com a construção de vários modelos-teste ((Tabela 5.36), dos quais, foi selecionado o Modelo 1, por ser o que melhor representou a região (Figura 5.45). Para tanto, os conhecimentos adquiridos, avaliados e discutidos, ao longo desta tese, foram fundamentais.

Tabela 5.36 - Modelos-teste da Modelagem Espacial Geoambiental

Modelos	Temas integrados	Resultados
1	Declividade, Solos, Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	Este modelo discriminou claramente as diferentes unidades de paisagens, revelando-se a melhor opção para identificar as correlações entre a natureza dos solos e declividades e, simultaneamente, seus condicionantes para a realização das atividades humanas.
2	Declividade, Aspecto, Solos, EVI (<i>gamma</i> março/agosto/2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	Nestes modelos os dados dos Índices de Vegetação foram integrados (março e agosto) neutralizando a importância da sazonalidade sobre a vegetação.
3	Declividade, Aspecto, Solos, NDVI (<i>gamma</i> março/agosto/2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	
4	Declividade, Solos, NDVI (<i>gamma</i> março/agosto/2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	Nestes modelos não foram integrados os dados do Aspecto, o que resultou em maior valorização dos Índices de Vegetação e das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação. Assim, o contraste entre as classes ficou claramente demarcado. Porém, os dados integrados dos Índices de Vegetação (março e agosto), neutralizaram a importância da sazonalidade sobre a vegetação.
5	Declividade, Solos, EVI (<i>gamma</i> março/agosto/2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	

6	Declividade, Aspecto, Solos, Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	Este modelo não integrou os dados dos Índices de Vegetação, separando melhor as classes, mas o Aspecto diminuiu a importância dos dados relativos aos Solos e às Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação.
7	Declividade, Aspecto, Solos, EVI (<i>gamma</i> março 2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	Nestes modelos os Índices de Vegetação foram integrados temporalmente, ou seja, valorizando os efeitos da sazonalidade. Apresentaram resultados razoáveis, porém o tema Aspecto diminuiu a importância dos dados relativos aos Solos e às Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação.
8	Declividade, Aspecto, Solos, EVI (<i>gamma</i> agosto/2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	
9	Declividade, Aspecto, Solos, NDVI (<i>gamma</i> março 2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	
10	Declividade, Aspecto, Solos, NDVI (<i>gamma</i> agosto 2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	
11	Declividade, Solos, EVI (<i>gamma</i> março 2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	Nestes modelos os Índices de Vegetação foram integrados temporalmente, ou seja, valorizando os efeitos da sazonalidade. Os dados do Aspecto não foram integrados, resultando em maior valorização dos Índices de Vegetação e das Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação. Assim, o contraste entre as classes ficou claramente demarcado. Entretanto, os dados do Índice de Vegetação, por ser um dado temporal, fez com que um período neutralizasse o outro. Isto ocorre, em função do ritmo de <i>expansões</i> e <i>contrações</i> dos efeitos da caducifolia na vegetação.
12	Declividade, Solos, EVI (<i>gamma</i> agosto/2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	
13	Declividade, Solos, NDVI (<i>gamma</i> março 2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	
14	Declividade, Solos, NDVI (<i>gamma</i> agosto 2001-06-11-16) Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação	

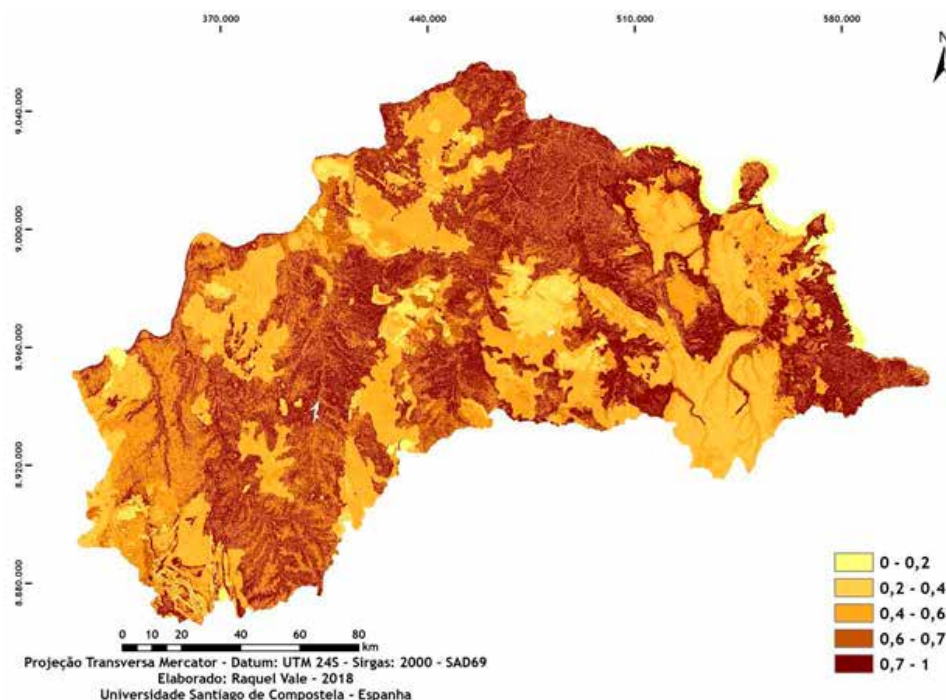


Figura 5.45 - Mapa da modelagem espacial fuzzy dos temas Declividade, Solos, Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação

5.4.5 Unidades de Paisagem e Áreas em Processo de Desertificação

Os modelos obtidos por meio das modelagens espaciais constituíram as bases para elaborar o mapa das Unidades de Paisagens e discriminar áreas onde estão em curso os processos de desertificação. Não foram perdidas de vista as características, potencialidades e restrições das paisagens, para abrigar as atividades rurais. A fraca dinâmica do trabalho na região, mesmo nas cidades, faz com que o meio rural seja essencial para a sobrevivência de uma parcela significativa das populações locais³³.

Sobre o Modelo 1 foram vetorizadas as Unidades de Paisagem. Os critérios adotados para discriminar as diferentes áreas encontram-se descritos na Tabela 5.37.

Tabela 5.37. Critérios adotados para o mapeamento das Unidades de Paisagem, Capacidade de Suporte e Áreas em Processo de Desertificação

Tipologias	Critérios
	Unidades de Paisagem
Células de Desertificação	Nível 1 - Caatinga muito rarefeita e, acentuadamente, fragmentada, degradada, e de baixa diversidade; exposição de solos e de raízes; incidência de lajedos; morfogênese muito ativa; perda de solos; pecuária extensiva.

³³ O subcapítulo 7.2.1 demonstrou que a população rural é significativa na região, sobretudo, em Chorrochó, Curaçá, Glória e Macururé. O crescimento da população urbana é fenômeno recente, iniciado entre os anos de 1980 e 1990, relacionado a baixa qualidade de vida no meio rural e à expectativa de inserção no agronegócio, serviços e vagas da administração pública.

	Nível 2 - Caatinga fragmentada e degradada; solo exposto; morfogênese ativa; pecuária extensiva.
	Nível 3 - Caatinga menos fragmentada e degradada; solo exposto; pecuária extensiva.
Fragmentos de Remanescentes de Vegetação	Fragmentos de caatinga arbóreo-arbustiva ou parque remanescentes das atividades humanas. Ausência de células e/ou núcleos de desertificação.
Caatinga sobre Sistemas Frágeis	Superfície de cimeira dos tabuleiros recoberta por remanescentes de caatinga arbóreo-arbustiva ou parque; morfogênese ativa nas rupturas de declive; pecuária extensiva de baixa frequência. Ausência de células e/ou núcleos de desertificação.
Núcleos de Desertificação	Grandes superfícies formadas pela coalescência de células de desertificação, apresentando vegetação muito rarefeita ou ausente; morfogênese muito ativa, com presença de sulcos e ravinas; acentuada perda de solo; exposição de raízes; incidência de lajedos; pecuária extensiva.
Bordas Instáveis	Conjunto de encostas do sotavento do tabuleiro com declividades íngremes e verticalizadas. Vegetação rarefeita ou muito escassa expõe neossolos quartzarênicos a processos erosionais intensos. Pecuária extensiva moderada.
Serras e Morros Vegetados	Formações rochosas recobertas total ou parcialmente por vegetação; morfogênese ativa orientada pelas litoestruturas (termoclastia e fragmentação); pedogênese ausente ou muito incipiente; ausência ou baixa frequência da pecuária extensiva.
Remanescentes de Vegetação	Remanescentes contínuos de caatinga arbóreo-arbustiva ou parque. Ausência de células e/ou núcleos de desertificação.
Sistemas Instáveis em Encostas e Rampas	Encostas e rampas dos tabuleiros; morfogênese regressiva; diferentes densidades de vegetação; alta frequência de sulcos, ravinas e voçorocas; acentuada perda de solo.
Rio São Francisco e Agricultura irrigada.	Supressão total da vegetação; morfogênese ativa (laminar, em lençol, sulcos e ravinas com forte erosão regressiva).
Capacidade de Suporte	
Muito baixa	Resiliência ambiental muito baixa; incidência de núcleos de desertificação decorrentes das características socioambientais locais e regionais; sustentabilidade socioambiental muito baixa.
Baixa	Baixa resiliência ambiental; incidência de células de desertificação decorrentes das características socioambientais locais e regionais; baixa sustentabilidade socioambiental.
Moderada	Condições intermediárias, transitórias. Uso e manejo devem ser prudentes.
Alta	Predomínio de sustentabilidade socioambiental.
Muito alta	Acentuada sustentabilidade socioambiental. Prioridade para preservação.
Áreas em Processo de Desertificação	
Ausente	Predomínio de remanescentes de vegetação e baixa frequência das atividades humanas. Prioridade para preservação.
Incipiente	Predomínio de atividades humanas e baixa frequência de remanescentes de vegetação.
Moderado	Predomínio de atividades humanas com forte transformação das paisagens e incidência de células de desertificação.
Acentuado	Incidência de células e núcleos de desertificação derivados da acentuada transformação das paisagens e ausência de remanescentes de vegetação; persistência temporal de superfícies com índices de vegetação sempre <i>muito baixos</i> e <i>baixos</i> ; morfogênese muito ativa, com presença de sulcos e ravinas; acentuada perda de solo; acentuada exposição de raízes; incidência de lajedos; pecuária extensiva.

O Gráfico 5.10 apresenta a distribuição areal de cada Unidade de Paisagem mapeada a partir da modelagem espacial dos temas Declividade, Solos, Superfícies Transformadas e Remanescentes de Vegetação (Figura 5.45), cujo resultado demonstrou que mais da metade de toda a RPGA-MC encontra-se em processo de desertificação. São 59,70% de superfícies que exibem células e núcleos de desertificação; os remanescentes de vegetação abrangem 29,01%. Unidades menores somam os restantes 11,29% da região.

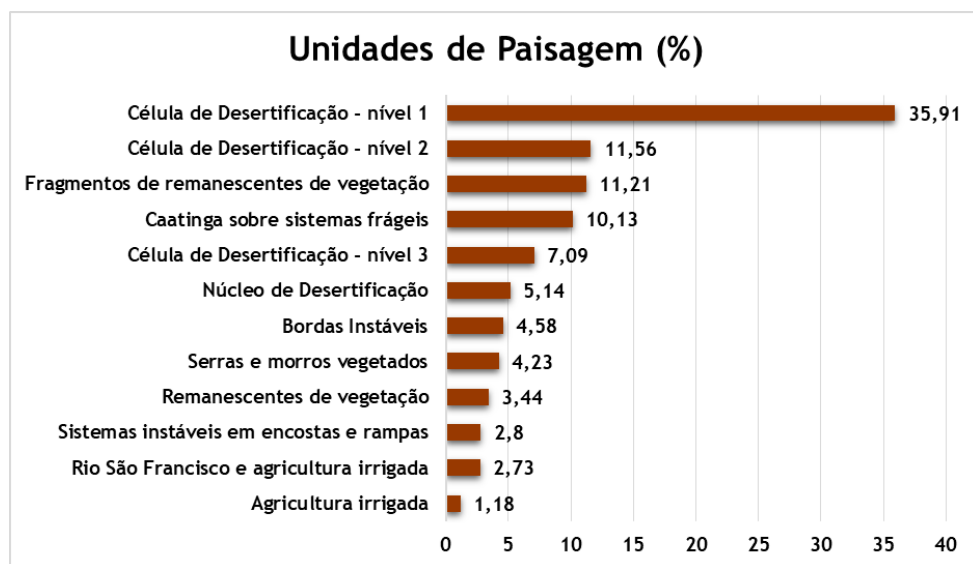


Gráfico 5.10 - Unidades de Paisagem (%)

O Mapa das Unidades de Paisagem (Figura 5.46) discriminou duas grandes categorias — as células e núcleos de desertificação, superfícies mais degradadas, e os remanescentes de vegetação.

As *Células de Desertificação* são caracterizadas por superfícies degradadas, disseminadas por centenas de quilômetros quadrados, que ocorrem em todas as depressões, permeando caatinga rarefeita. Exibem múltiplas faces de um mesmo processo de exaustão ambiental e de declínio das condições socioeconômicas, que lhes confere grande diversidade fisionômica. As células podem ser consideradas estágios no limiar entre áreas onde a desertificação evolui ou, poderá evoluir, para núcleo de desertificação. Nelas, a CS varia entre *muito baixa a moderada* e, da mesma forma, o são, a resiliência ambiental e a sustentabilidade socioambiental.

Foram discriminados três níveis hierárquicos de células de desertificação.

O Nível 1 — 35,91% da região — é o mais grave. Apresenta caatinga muito rarefeita, acentuadamente, fragmentada e degradada, de baixa diversidade, que expõe solos, raízes e lajedos. A erosão plúvio-fluvial remove importante volume de solos, sedimentos e matéria orgânica bruta, expondo a rocha ou o pavimento detrítico, do tipo cascalheira. A pecuária extensiva, com CS *muito baixa* é a principal, senão, a única, atividade nestes espaços. Tais aspectos geram processos acentuados de desertificação e paisagens em estágio limiar, no limite da completa exaustão, que pode evoluir em curto ou médio prazos para núcleo de desertificação. Neste nível o uso deve ser re-significado, restrito e controlado, com adoção de manejos sustentáveis para conter os processos erosivos e recompor a vegetação, com atenção especial para as áreas onde ocorre erosão plúvio-fluvial e solo exposto. O recatamento deve ser prioridade dentre as ações de recomposição.

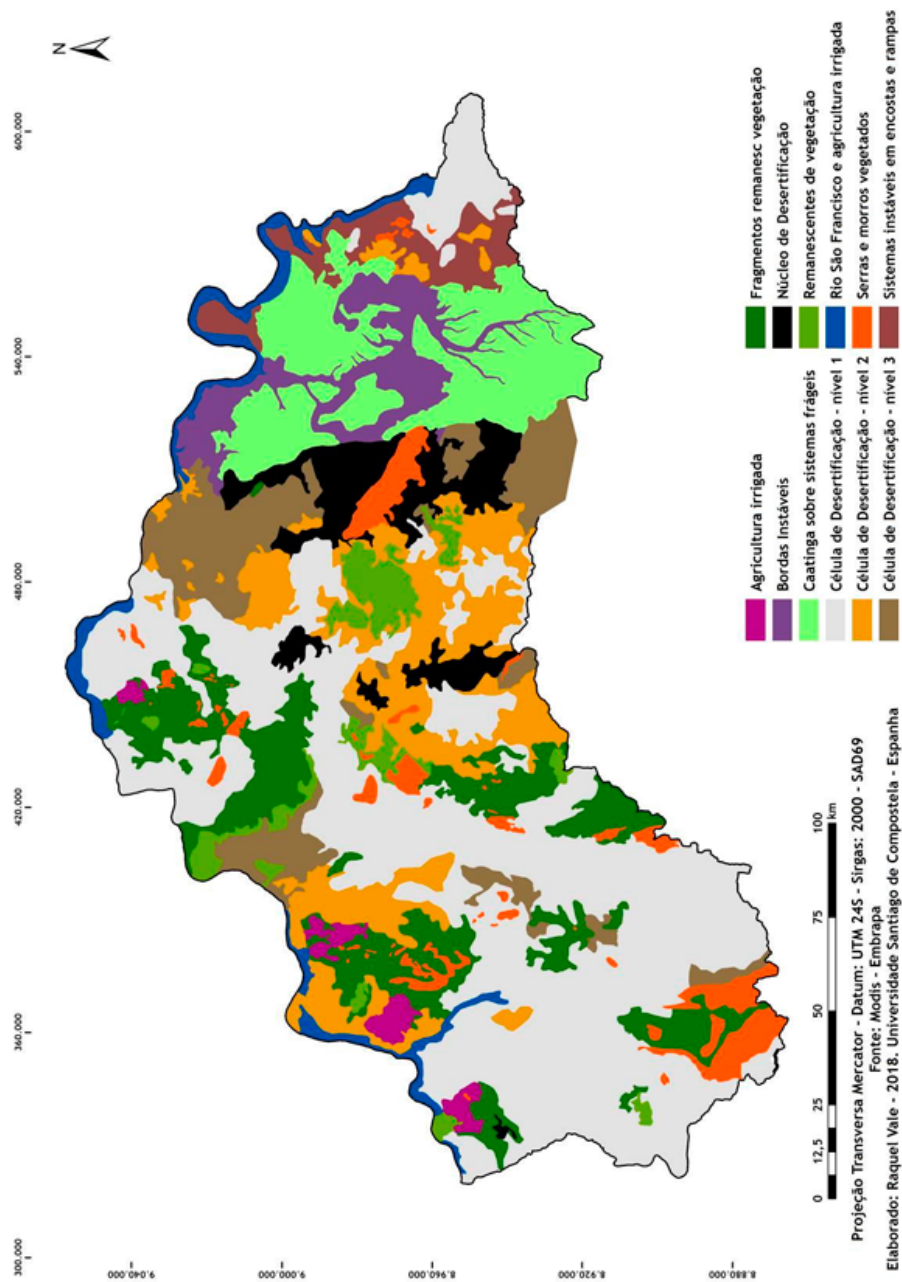


Figura 5.46. Mapa das Unidades de Paisagem

O Nível 2 — 11,56% — exhibe condições intermediárias entre o 1 e o 3. Apresenta caatinga fragmentada e degradada, solo exposto e erosão em níveis menos severos do que o verificado no Nível 1. A pecuária extensiva é, da mesma forma, muito significativa, com CS *muito baixa* e *baixa*, o que pode agravar a degradação e conduzir estes espaços, de desertificação entre acentuada e moderada, para células de desertificação Nível 1.

O Nível 3 foi discriminado na modelagem em função do predomínio de superfícies com declividades muito baixas, que, na integração dos temas, minimizaram o resultado. Se, por um lado, constituem superfícies planas, de baixo declive e de morfogênese lenta, por outro, são áreas de acentuada ocupação, degradação, vegetação rarefeita e de baixíssima diversidade. Esta característica foi verificada em campo na Depressão do Tourão, em Juazeiro, setor que, não fosse a declividade baixa, dominaria morfogênese acelerada e evolução para núcleo de desertificação.

Tal afirmativa demonstra o quanto a variável *declividade* é importante no balanço morfogenético; o quanto controla a erosão e o quanto, em condições semiáridas, existem limiares de declividade que podem potencializar os processos erosivos. Ademais, como fator agravante, tem-se solos de matriz carbonática altamente suscetíveis a dissolução e erosão. A Depressão do Tourão foi, por tais aspectos, reclassificada para Nível 1.

Feita a reclassificação, o Nível 3 — 7,09% da região —, apesar de menos abrangente, requer cuidados por ser o mais resiliente, dentre todos, visto que, nele, a desertificação é processo incipiente ou moderado. Caracteriza-se por caatinga menos fragmentada e degradada do que o observado nos níveis 1 e 2, que protegem os solos contra as intempéries, contudo, existem manchas expostas onde a morfogênese é incisiva. A pecuária extensiva promove a fragmentação das caatingas e, mesmo tendo uma CS *baixa* e *moderada*, sem cuidados no manejo, este nível pode evoluir para 2 e, daí, para 1.

Os níveis 2 e 3 devem ter restrições para as atividades rurais e controle no uso mediante adoção de manejos adequados, sobretudo nas áreas mais desnudas, onde a erosão e o recatamento devem ter ações prioritárias.

Os *Núcleos de Desertificação* — 5,14% da região — apresentam processos de desertificação acentuada e exibem extensas superfícies formadas pela coalescência de células de desertificação, com vegetação muito rarefeita ou ausente, que expõe o solo e potencializa os processos eólicos, de evaporação e de evapotranspiração. A forte incidência direta da radiação solar e as temperaturas elevadas durante quase todas as estações, favorecem os processos de perda de umidade. Os níveis freáticos são rebaixados, ou desaparecem, e não contribuem com as trocas hídricas do sistema solo-planta.

A xeromorfia torna-se, neste cenário, pouco eficiente e a vegetação passa a sofrer grande estresse hídrico, que pode conduzi-la a morte. São áreas de CS, sustentabilidade socioambiental e resiliência ambiental *muito baixa*. Nestas condições a morfogênese plúvio-fluvial se apresenta muito ativa e esculpe uma rede de sulcos e ravinas, com acentuada perda de solo. As raízes expostas das plantas, árvores tombadas, e a grande exposição de lajedos atestam a intensidade dos processos laminares e em lençol.

A pecuária extensiva é a única atividade que persiste nestes núcleos, apesar da observação em campo, de muitas casas abandonadas. Os rebanhos soltos na caatinga buscam o alimento — escassos e pouco nutritivos — que os força a vagar por quilômetros de superfícies. O sobrepastejo agride o solo, destrói sementes e brotos e, ciclicamente, contribui para a rarefação e empobrecimento da caatinga.

O uso deve ser evitado para conter a expansão destas áreas, comprometendo as Unidades adjacentes.

Permeando as células e núcleos de desertificação tem-se caatingas que, por diferentes razões, restam presentes. Somam cerca de 29,01% das superfícies da região e se subdividem em:

1. *Remanescentes de Vegetação*: são as últimas, contínuas e extensas formações de caatinga densa, diversa e com maior expectativa de primitividade, encontradas no nordeste da Bahia. Estão localizadas em parte das depressões e nos tabuleiros, sobretudo, em áreas onde as atividades humanas são incipientes ou indiretas, e correspondem a 3,44% da região. A arbóreo-arbustiva, ocupa as porções mais elevadas do relevo e setores isolados das depressões; a parque restringe-se às depressões, sobretudo, do Macururé, onde exhibe maior diversidade e primitividade. Sobre os tabuleiros — *Caatinga sobre Sistemas Frágeis* — encontram-se as maiores extensões, tanto da arbóreo-arbustiva, quanto da parque, cerca de 10,13%.

A permanência da vegetação, em meio a paisagens profundamente transformadas, se deve a 2 fatores principais — físicos e infraestruturais. Os físicos, que limitam severamente a ocupação e os usos; e os infraestruturais³⁴, leia-se, político-institucionais, que agregam outras limitações, que potencializam os fatores físicos. É esta condição limitante, excludente e secular que resultou na preservação de algumas áreas de caatinga, numa região hídrica estratégica — o sub-médio São Francisco — cujo sistema produtivo centralizado na irrigação e geração de energia, na calha do rio, direciona todos os demais. Noutro contexto, ou seja, na ausência destes fatores limitantes, a ocupação da região seria maior e mais homogênea e os remanescentes de caatinga seriam muito mais exíguos.

Deste modo, nesta Unidade não incidem células e/ou núcleos de desertificação e, reitera-se, aí estão as caatingas mais biodiversas e primitivas do bioma caatinga regional, onde espécies endêmicas e raras da flora e da fauna encontram refúgio ecossistêmico — *habitats* geomorfológicos — para se reproduzirem. Uma pequena parte destes espaços está protegido na Reserva Ecológica Raso da Catarina, nas Áreas de Preservação Permanente e nas Reservas Legais³⁵, mas o restante não, necessitando, portanto, de medidas protetivas já.

A sustentabilidade ambiental nesta Unidade é elevada, devendo ser prioritária para preservação e para a gestão municipal, estadual e federal, legitimada por interlocução, diálogo e participação de todos os coletivos das populações que habitam estes sertões.

³⁴ Entende-se que a inexistência de sistemas de adução para o interior da RPGA-MC é de natureza político-institucional, que poderá ser revista quando o atual arranjo político se reorganizar sob outras concepções partidário-ideológicas.

³⁵ Áreas de APP e Reserva Legal são de difícil monitoramento e fiscalização, tendo sido observado em campo que, a extensão destas áreas estão aquém do que deveria. APPs de margem de rios e riachos são muito exíguas e, em inúmeros casos, expõe totalmente as margens a erosão e pisoteio.

2. *A Caatinga sobre Sistemas Frágeis* — 10,13% da região — contém remanescentes que ocupam a superfície de cimeira do Tabuleiro de Tucano Norte, com caatinga arbóreo-arbustiva e parque, em densidades e tipologias diferenciadas entre si. Os neossolos quartzarênicos, inconsolidados e friáveis, dominam e restringem sobremaneira os usos, apenas a pecuária extensiva é observada. De baixa frequência, é a única Unidade onde a CS é *muito alta*, minimizando os fatores negativos do pisoteio e do pastejo.

Por consequência, não existem células e/ou núcleos de desertificação, entretanto, é possível que esteja havendo expansão de solo exposto na caatinga parque, observada em campo, mas não discriminada na modelagem. Processos morfogênicos são muito ativos nas rupturas de declive, sobretudo, entre topos e encostas, produzindo forte dinâmica regressiva, que alertam para a importância em se proteger esta Unidade. Estes fatores de fragilidade se refletem em baixa resiliência e em baixa sustentabilidade socioambiental.

3. *Fragmentos de Remanescentes de Vegetação* formados por caatinga arbóreo-arbustiva ou parque correspondem à vegetação que foi fragmentada por pecuária extensiva, mas que, conservam importantes áreas vegetadas e de relevância biológica. Incidem sobre 11,21% da região. Sobre tais espaços não ocorrem células e/ou núcleos de desertificação, apesar de fragmentados. Porém, devem ser protegidos e reintroduzidas as espécies nativas, para propiciar maior sustentabilidade ambiental. Apresentam sustentabilidade socioambiental e CS moderada e devem ser prioritários para a preservação e para a gestão, tal qual, os demais remanescentes.

4. *Serras e Morros Vegetados* — 4,23% — constituem formações rochosas recobertas total ou parcialmente por caatinga, em especial, por tipologias compostas por arbustivas e herbáceas do tipo cactáceas e bromeleáceas. A forte exposição das rochas ativa morfogênese orientada pelas litoestruturas, onde a termoclastia e a fragmentação são expressivas. Por sua vez, a pedogênese é muito incipiente ou ausente. Dentre os rebanhos, apenas caprinos e ovinos são mais observados nestas unidades. As restrições físicas destes relevos criaram condições de isolamento que propiciaram o desenvolvimento de *habitats* geomorfológicos, que podem abrigar espécies importantes. Cuidados no manejo dos rebanhos devem atentar para esta característica.

A modelagem separou duas contrastantes morfologias de encostas no Tabuleiro de Tucano Norte, designadas *Bordas Instáveis* e *Encostas e Rampas Instáveis*, onde a declividade foi a variável que mais pesou no resultado da integração:

1. *As Bordas Instáveis* — 4,58% — são formadas pelo conjunto de encostas do sotavento do tabuleiro, que se estendem até o setor norte, com declividades íngremes e muito íngremes. A vegetação é rarefeita ou muito escassa, expondo os neossolos quartzarênicos a processos erosionais intensos. A mobilização dos sedimentos pelo vento é muito significativa e durante as chuvas o escoamento esculpe uma profusão de canais efêmeros.

As encostas da sub-bacia do Riacho Baixa do Chico também estão submetidas a mesma dinâmica, erodindo por regressão e provocando o assoreamento do leito dos riachos. Grandes volumes jazem depositados nos sopés, sujeitos a contínua remobilização. Em certos trechos do Baixa do Chico ocorrem canions, dando forma a encostas rochosas e verticais. Nestes

paredões de arenito encontram-se nichos para a avefauna local, dentre as quais a ararinha azul-de-lear³⁶.

2. *Sistemas Instáveis em Encostas e Rampas* — 2,8% — constituem as bordas do barlavento do tabuleiro. Apresentam variedade de densidades de vegetação e morfogênese regressiva muito ativa no substrato friável, onde esculpe sulcos, ravinas e voçorocas. Os processos são acentuados e promovem grande perda de solos, desestabilizando a vegetação. Toda a porção sul desta unidade abriga inúmeras propriedades, sobretudo, familiar, onde os cultivos e a pecuária são muito expressivos e dinâmicos. Há que se ressaltar que estas encostas apresentam restrições aos usos devido a acentuada fragilidade dos solos, maior declividade e forte potencial para processos regressivos, o que conduz para condições de baixa resiliência.

A agricultura irrigada — 3,91% — ocupa terras ao longo do Rio São Francisco e tributários marginais próximos a calha. A total supressão da vegetação e o sistema de pivôs geraram condições tais, que potencializaram a morfogênese, naturalmente elevada. A erosão laminar e em lençol, em sulcos e ravinas, e acentuados processos regressivos, têm removido grandes volumes de solos para a calha dos rios, aguadas e barragens. As técnicas de manejo devem ser revistas, inclusive os sistemas de irrigação aspersiva, dominantes em toda a região, e redirecionadas para outras mais sustentáveis.

Um outro conjunto de dados que trouxe informações que validaram as Unidades mapeadas e reforçaram as análises feitas, se refere à distribuição municipal da população rural, dos povoados, e das aguadas e barragens (Figura 5.47). Este mapa indica áreas de maior adensamento das atividades humanas — onde a pressão sobre os recursos ambientais é mais intensa do que seu entorno — localizadas em 3 setores principais.

O mais extenso de todos abrange Juazeiro, Curaçá e Jaguarari, onde a ocupação antiga e as dinâmicas socioeconômicas proporcionadas pela importância urbana de Juazeiro e densa rede viária, resultaram na concentração da população. A população rural é, nestes municípios muito significativa. Abaré, Chorrochó, Macururé e Rodelas formam um segundo setor que gravita na área de abrangência da agricultura irrigada da calha do São Francisco. A população rural é mais expressiva em Abaré e Chorrochó. Paulo Afonso e Glória constituem um terceiro setor, de ocupação antiga e dinamizada pelas barragens hidroelétricas, mas também pela agricultura, inclusive a de sequeiro.

A distribuição das aguadas e barragens também valida esta análise e demonstram claramente que as atividades humanas ocorrem em toda a região. Os espaços menos ocupados ou “vazios” são poucos, cujos fatores explicativos recaem sobre as restrições impostas pelo relevo, unidades de conservação e terras indígenas, como tem sido apontado nesta tese.

O mais importante “vazio”, dentre todos, ocorre no município de Rodelas e, ressalta-se, que aí estão as caatingas mais extensas da região. O NW de Curaçá e SW de Chorrochó, setor de serras e serrotes, de certa forma, isolado, constituem “vazios”, onde os usos são incipientes. Contudo, a pecuária extensiva está presente em todos estes espaços.

Os resultados apresentados neste capítulo mostraram-se eficientes e seguros. Espacializaram as atividades humanas e suas consequências sobre os recursos ambientais. As

³⁶ A Ararinha Azul-de-Lear (*Anodorhynchus leari*) é uma espécie ameaçada de extinção que ocorre exclusivamente na caatinga baiana, na região da Reserva Ecológica Raso da Catarina.

paisagens, profundamente transformadas, espelham processos de usos e manejos históricos, que têm ultrapassado a resiliência e a sustentabilidade socioambiental. Os danos, negativos e acentuados, encontram-se expressos nas células e núcleos de desertificação, que já alcançam 59,70% da região.

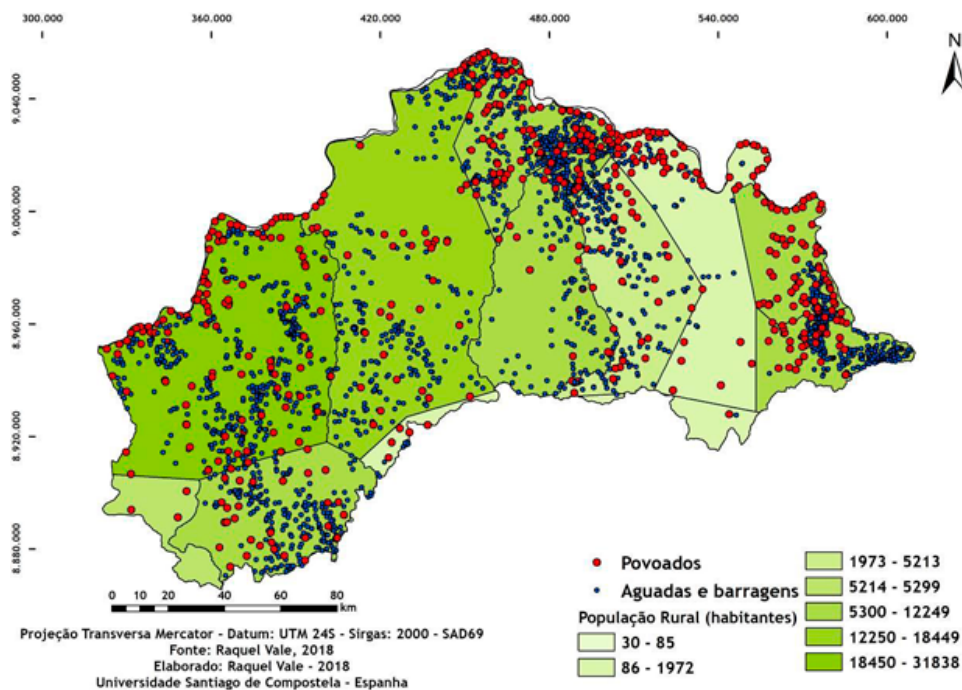


Figura 5.47 - Mapa da população rural, povoados, aguadas e barragens

6 CONCLUSÕES

A desertificação é um processo que desestrutura e destrói o ambiente físico, humano, econômico e cultural das populações que habitam as terras secas. É inegável que este passivo socioambiental tem por consequência conduzir as áreas afetadas para níveis de exclusão ascendentes. Numa espiral contínua, os fatores causais se perpetuam em cenários futuros excludentes e de difícil reversão. Deste modo, é admissível pensar que, uma vez deflagrado o processo, sua reversão exigirá um grande e qualificado aporte de recursos financeiros, humanos e operacionais. É também, bastante difícil, em especial, por afetar terras de pouco ou nenhum interesse para o capital. Desconhece-se, até o momento, iniciativas verdadeiramente exitosas, a não ser, em áreas experimentais.

Paisagem, este foi um dos mais importantes conceitos adotados nesta tese. Permitiu clareza, objetividade e o encadeamento das análises durante a pesquisa, fontes teóricas e metodológicas que possibilitaram melhor compreender a *Paisagem* enquanto materialização, no espaço, da evolução integrada, sincrônica e diacrônica, entre o homem e a natureza. Materialização esta, dinâmica, evolutiva e holística, por isto, constituída por múltiplos universos e distintas temporalidades. *Paisagem* esta, que é também o fruto das forças político-institucionais, onde o papel do Estado perde, cada vez mais, poder, para os setores privados e hegemônicos da economia.

Na mesma medida, apropriar-se do conceito de *Capacidade de Suporte*, trouxe grande coerência para responder afirmativamente ao problema indagado quando do início desta pesquisa — a degradação ambiental é a causa do forte decréscimo nos índices socioeconômicos, com pauperização das populações, decréscimo e falência dos recursos ambientais, que está conduzindo a região à desertificação e a cenários geográficos excludentes?

A *Capacidade de Suporte* reflete a natureza das dinâmicas temporo-espaciais dos sistemas naturais e antrópicos, assim como, sua capacidade de autorregulação e autorrecuperação. Está, portanto, conexas aos fatores antrópicos que colocam a *Paisagem* em risco, interferindo nos mecanismos de resiliência e resistância e ampliando sua vulnerabilidade frente à persistência das pressões inerentes ao próprio risco. Nesta condição, são ultrapassados os limiares de resiliência dos sistemas envolvidos, que conduzirão a *Paisagem* para dinâmicas retroalimentativas negativas e em desequilíbrio ambiental — insustentáveis, em instabilidade, em resistância. Em outras palavras, em desertificação.

Fazer a leitura, nem sempre explícita, da desertificação, nos *diplomas legais*, agregou informações que demonstraram a medida das responsabilidades do Estado neste processo. A água e a vegetação, por suas conexões diretas com a desertificação, aparecem de forma contundente em dois momentos. Em 1997, quando é promulgada a Lei da Águas, que avançou no sentido de estabelecer a Política Nacional e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e em 2000, quando da criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, demonstrando predisposição institucional governamental para proteger os remanescentes de vegetação. Em ambos, a sociedade civil é levada para dentro da discussão da apropriação e proteção dos recursos ambientais, compartilhando responsabilidades e legitimando decisões. Entretanto, estes dispositivos sofrem, ainda hoje, enorme dificuldade

para serem executados, mesmo em regiões de forte apelo ambiental. Assim, passadas duas décadas, o cenário ambiental na RPGA-MC não passou por mudanças positivas, pelo contrário, está se agravando. As discussões traçadas nesta tese assim o comprova.

Resta comentar sobre a *diversidade e quantidade de dados* analisados, interpretados e correlacionados, cujo volume de informações, não se esgota nesta tese. Compreende-se, sem margem para dúvidas, que a desertificação é um processo multifacetado e de alta complexidade, cujo estudo requer uma base de dados o mais ampla possível, visto, aí se encontrar as respostas para a apreensão do processo, suas causas e consequências.

Quanto aos indicadores de desertificação, estes, permanecem em desafio, porém, ao término desta pesquisa, admite-se que, dentre todos, concensuados até este momento, estão nos fatores institucionais, sobretudo os governamentais, as raízes do processo. São eles que deliberam sobre as políticas e ações públicas e privadas no território, muitas vezes dissociadas do interesse da sociedade local e atendendo a uma lógica econômica supra-nacional, acima do próprio Estado. Em paralelo, tem-se as restrições produzidas pela aridez e as fragilidades dos sistemas solo-planta-água; e, por fim, aparecem os fatores econômicos, derivados dos *tipos de manejo das terras, da população e da pobreza*, muito mais consequências do que causas. Neste sentido, o caráter físico e biológico das terras secas, por si mesmo restritivo, em meio à insuficiência e inoperância do Estado, geralmente omissos ou permeados por interesses alheios, geram áreas de exclusão suscetíveis à desertificação.

Os recentes debates sobre Degradação Neutra das Terras, que amplia o conceito de desertificação para todas as regiões, não somente as semiáridas, são altamente positivos. Compreender os sistemas socioambientais, governamentais e institucionais, de forma global, pode ser um caminho para ações conjuntas, integradas e simultâneas, que poderão alcançar níveis de sustentabilidade planetária mais eficientes e duradouros.

Os procedimentos técnicos utilizados na pesquisa mostraram-se muito apropriados para perceber as nuances do processo de desertificação. As análises estatísticas dos dados censitários e da fotointerpretação das imagens dos sensores remotos permitiram alcançar resultados fundamentais. Os mapas e modelos elaborados, temporais e multitemporais, trouxeram maior aproximação com as realidades da região, que dificilmente seriam atingidas de uma outra forma, dentro dos prazos definidos para a pesquisa. O Processamento Digital de Imagens e os Sistemas de Informações Geográficas mostraram-se geotecnologias de extrema utilidade operacional para o mapeamento; um instrumento de representação ímpar da desertificação e da análise geográfica.

A RPGA-MC é uma região de exclusão, uma das hipóteses levantadas nesta tese. O cenário de degradação ambiental da região está relacionado ao baixo desempenho produtivo-econômico da maior parcela da população e à incapacidade política e institucional do Estado, em agir no sentido da promoção social. Estes fatores sujeitam as populações locais a níveis consideráveis de pobreza, grande precariedade educacional e insuficiente qualificação profissional. A região, a mais pobre e uma das menos alfabetizadas da Bahia é, por extensão, uma das mais excluídas do cenário político-econômico do semiárido brasileiro.

Por consequência, as atividades primárias são predominantes e a ocupação das terras rurais é acentuada, produzindo transformações nas paisagens bastante significativas — 75,26% das terras da região estão afetados por atividades humanas. Isto coloca em evidência

o nível de maximização dos usos dos recursos ambientais, cujos danos deflagram processos de degradação sistêmica — desertificação — que atingem diretamente a vegetação, os recursos hídricos e os solos. Constituem uma teia de fatores, processos e dinâmicas de alta complexidade, cujas repercussões temporais e espaciais encontram-se refletidas nas paisagens e na sociedade, o que vem tipificar o caráter excludente da região.

Não se trata, pura e simplesmente, de associar *pobreza à degradação ambiental*, nem tampouco, de estigmatizar a conjuntura socioeconômica da região, mas trazer para a discussão, uma realidade geográfica complexa, permeada por grandes distorções sociais, derivadas de um modelo de desenvolvimento predatório e excludente. A ação do Estado é profundamente desigual e se caracteriza por intervenções nas quais os sujeitos locais não participam de fato, ou não são ouvidos. Os desdobramentos advindos são nefastos, permanecem à margem do próprio Estado, e, possíveis medidas mitigadoras são, também, colocadas à margem.

Assim tem sido o papel do Estado na região, seletivo e pontual. Seletivo, por estabelecer uma política de crescimento, sobretudo a partir dos anos de 1960/70, focada em apenas dois segmentos econômicos — geração de energia hidroelétrica e agricultura irrigada — ambos dependentes de um mesmo recurso ambiental, as águas do rio São Francisco. Pontual, por atuar exclusivamente junto à calha do São Francisco; regiões afastadas deste limite não foram incorporadas, permanecendo na condição de excluídas ou apenas coadjuvantes. Os passivos sociais e ambientais decorrentes são inúmeros.

O papel seletivo e pontual do Estado, tem sua face mais perversa nos grandes projetos da agricultura irrigada. Os mais relevantes empreendimentos estão localizados, exclusivamente, às margens do rio São Francisco e de seus imensos reservatórios. Atende, basicamente, à grupos que detêm capital e recursos técnicos-operacionais, estando incorporados à cadeia produtiva do agronegócio, muito mais conectada aos centros exógenos, do que à região. Quanto mais distantes das águas deste rio, mais rarefeitos os perímetros irrigados e, mais uma vez, evidenciam-se os processos territoriais da exclusão.

As dinâmicas que acompanharam/am estas mega-transformações redirecionaram a história das populações locais e desconfiguraram as relações entre a sociedade e a natureza. Às populações atingidas por políticas de Estado unilaterais, tomadas de cima para baixo, restaram muito poucas alternativas — buscar terras fora da área de domínio da agricultura irrigada, adentrando cada vez mais no interior da RPGA-MC; ou tomar medidas mais radicais, como emigrar. Novamente, exclusão. Não considerar estas questões como pano de fundo da degradação ambiental e da desertificação é deixar uma lacuna em aberto na análise dos processos que evoluem na região. A desertificação pode ser compreendida, nesta perspectiva como o clímax dos passivos sociais e ambientais que desterritorializa e cria uma dinâmica crescente de exclusão sócio-econômica-espacial, que atinge uma parcela significativa da população.

Tais evidências não são meramente conjunturais, estão na base da formação econômica do semiárido nordestino, marcada por concentração da renda e da riqueza e baixíssima produtividade das atividades rurais. O resultado tem sido a formação de um enorme contingente populacional pouco qualificado e desprovido de praticamente tudo, excluído, e que encontra inúmeras barreiras para a reversão deste cenário. A natureza política das oligarquias, ao se beneficiar dos recursos públicos aportados para a região, forjou e reproduz,

ainda hoje, a pobreza e a exclusão social no semiárido, impedindo, desvirtuando e desqualificando, as políticas públicas voltadas para o desenvolvimento social.

As características geográficas da RPGA-MC — entendida como a síntese das correlações entre os sistemas político-econômico-sociais, institucionais, governamentais, físicos, biológicos — construiu no transcorrer do tempo, uma história de organização e reorganização do território que a tem conduzido para cenários atuais e futuros de desertificação e exclusão.

Os núcleos de desertificação, fruto de uma evolução espacial coalescente das células de desertificação, têm delineado grandes superfícies que catalizam, aglutinam e potencializam os processos de degradação, atingem 5,14% da região. Estas, são áreas de CS, sustentabilidade socioambiental e resiliência ambiental muito baixa, com morfogênese plúvio-fluvial acentuada e perda de solo.

A capacidade de suporte para a pecuária extensiva nas caatingas dos municípios afetados por estes núcleos está entre baixa e muito baixa. Sob tais condições o uso deve ser evitado e controlado para permitir o pousio das terras — técnica tradicional que impede o desgaste do solo e recupera sua bioestrutura. Restaura e re-equilibra o sistema solo-planta-água, abrindo perspectivas para a recomposição da vegetação. *Par e passu*, deve ser iniciado o recatamento, que, junto ao pousio, poderá minimizar e conter os processos erosivos, a evapotranspiração aguda e a ação dos ventos. Ressalta-se, que a expansão destes núcleos pode afetar negativamente as Unidades adjacentes.

As células de desertificação formam um mosaico de paisagens onde a exaustão ambiental e o declínio das condições socioeconômicas, lhes confere baixa resiliência ambiental e baixa sustentabilidade socioambiental. A capacidade de suporte está entre baixa e muito baixa, sobretudo nas de nível 1 — mais extensas e mais suscetíveis para evoluir, em curto ou médio prazos, para núcleo de desertificação.

Neste nível o uso deve ser re-significado, restrito e controlado, com adoção de manejos para conter os processos erosivos e recompor a vegetação, com atenção especial para as áreas onde ocorre erosão plúvio-fluvial e solo exposto. Os níveis 2 e 3 devem ter restrições para as atividades rurais e controle mediante manejos adequados, sobretudo, nas áreas mais desnudas. Dentre as células, a de nível 3, deve ser prioritária para recatamento, pois poderão responder de forma mais positiva, visto seu menor grau de degradação. Devido a maior degradação das células de nível 1 é fundamental que sulcos e ravinas, bem como, qualquer outra cicatriz de erosão seja isolada e protegida.

As células e os núcleos de desertificação evoluem segundo dinâmicas espaciais fluidas. Expandem-se e contraem-se conforme o balanço das forças morfogenéticas e pedogenéticas, comandadas pela sazonalidade. Seus limites são, por vezes, tênues, pouco precisos, expressando o limiar da fragilidade sociambiental. Os resultados discutidos nesta tese demonstraram que os processos degradacionais — em curso e latentes — podem conduzir para a coalescência contínua de células e, destas, aos núcleos, gerando situações socioambientais de extrema gravidade. Este cenário futuro indesejável poderá vir a ocorrer, deflagrando consequências de elevada complexidade, de difícil controle e custos de reversão muitíssimo elevado.

Os remanescentes de vegetação conservam as últimas contínuas e extensas caatingas do nordeste da Bahia. Nelas a sustentabilidade ambiental é elevada, devendo ser prioritários para preservação e para a gestão, para a qual é imprescindível a efetiva participação da sociedade civil organizada, para representar todas as populações que habitam a região.

A política e as ações governamentais que incentivaram a agricultura irrigada, ainda restrita às margens do São Francisco, provocou uma total transformação das paisagens ribeirinhas. Suprimiu a vegetação, introduziu técnicas de manejo da água e dos solos — irrigação, correção e fertilização — pouco adequadas, tornando estes espaços diferenciados das práticas rurais precedentes.

Não foram observadas células ou núcleos de desertificação, mesmo porque, são áreas irrigadas produtivas. Mas, são frequentes a erosão laminar, os sulcos, ravinas e salinização, comuns em sistemas agrícolas desta natureza. Merecem maior cuidado, sobretudo, por adotarem irrigação por aspersão, devendo buscar outras técnicas mais sustentáveis. O gotejamento, sistema mais racional, é pontual.

As bordas e encostas do Tabuleiro de Tucano Norte, necessitam manejos específicos que respondam favoravelmente à fragilidade dos neossolos e dos fragmentos de caatingas remanescentes. A erosão regressiva, o vento, a insolação e a violência do escoamento durante as chuvas, remove grande volume de sedimentos, potencializando a fragilidade destas unidades. O assoreamento de vales e do lago de Itaparica, verificado em campo, é muito significativo.

O estudo dos processos de desertificação que estão em curso na região de águas dos rios Macururé e Curaçá alcançou, com estes resultados, semelhança e convergência com aqueles apresentados na revisão da literatura especializada. As evidências do processo são observadas nas células e nos núcleos, as quais possibilitam afirmar que esta região apresenta indicadores de degradação severa suficientes para integrar a lista dos Núcleos de Desertificação do Semiárido Brasileiro.

As causas que têm transformado a degradação ambiental nestas terras secas para dinâmicas de baixa sustentabilidade, baixa resiliência e alta resistasia, deflagrando processos de desertificação, também foram apontadas em outros estudos, dentro e fora do Brasil, por vários autores.

RECOMENDAÇÕES

Recomendar pode ter algo de pretensioso, sobretudo, quando o objeto é visto a partir do nosso lugar. Observar uma situação à distância, não ser parte dela, e ousar julgá-la, pode resultar em grande equívoco. Assim é com a desertificação — como emitir recomendações razoáveis, aplicáveis, e socialmente justas, estando tão distante das realidades concretas das populações que habitam as terras secas dos sertões nordestinos?

Em que pese tais reflexões *recomendar* é necessário. É parte do processo da pesquisa. Existe um *porquê recomendar* que está acima das nossas incertezas, do nosso cuidado em emitir juízos acerca de uma história que não nos pertence, a não ser indiretamente. Portanto, há que ser feito.

Diante das avaliações afirmadas nesta tese, considera-se imprescindível, a ação das populações locais por meio do seu engajamento nas Associações, Cooperativas e Sindicatos Rurais; Conselho Gestor das Unidades de Conservação; Comitê de Bacias Hidrográficas; Conselho dos Povos e Comunidades Tradicionais; Escolas; e quaisquer outros meios de participação da sociedade civil. Esta é a principal, ou talvez, a única forma de fazer chegar às esferas de decisão governamental, a *palavra, o argumento, o apelo*, das populações locais. A regulação dos sistemas ambientais e socioeconômicos existem, mas, colocá-la à serviço das populações de forma transparente e crítica, exige engajamento político.

Parte-se do princípio que, desta forma, a sociedade civil organizada, poderá criar as condições de reflexão e re-significação do seu papel social, econômico e ambiental, sob uma outra perspectiva — a da sustentabilidade —, o que viria a ser o ponto de convergência para mudanças na educação, saúde e qualidade de vida das populações.

Em paralelo é urgente que sejam tomadas providências para proteger os poucos remanescentes de caatinga que restam na região, sobretudo, os capões de mata, os pés-de-serra e a vegetação ciliar, por serem os mais vulneráveis ao uso. Numa ação conjugada, indica-se o recatamento, em especial, nas células e núcleos de desertificação, nas áreas de Reserva Legal e nas Áreas de Preservação Permanente — margens dos cursos d'água; entorno dos reservatórios; nascentes e olhos d'água perenes; encostas; bordas dos tabuleiros; e topo de morros. Prioridades devem ser estabelecidas para assegurar que os investimentos sejam aplicados seguindo uma hierarquia — das áreas mais aptas a recuperação para as menos aptas.

É também urgente qualificar as populações rurais quanto à práticas mais eficientes para o manejo dos rebanhos — respeitando-se a capacidade de suporte das caatingas —, e quanto a adesão à permacultura. Difundir largamente tais mudanças é assumir o compromisso de cuidado com o seu lugar, dar-lhe maior sustentabilidade, não só para a vegetação, mas também para a pecuária.

Importa, por fim, ressaltar quão importante é formar o Comitê de Bacia da RPGA-MC. Passados quase 10 anos da criação das 25 RPGA's da Bahia, a do Macururé-Curaçá ainda não existe, em que pese sua posição estratégica no sub-médio São Francisco e, apesar, de o Comitê do São Francisco, já existir desde 2001 e ser bastante ativo. Quinze RPGAs já estão com seus Comitês decretados e em funcionamento.

Chamar à participação e instituir o Comitê desta região deve ser prioridade, visto que, ele é a instância mais importante de deliberações de interesse à bacia, com poder consultivo e deliberativo, fazendo parte dos Sistemas Nacional e Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Por ser um colegiado formado por representações, eleitas, dos poderes públicos municipal, estadual e federal; da sociedade civil; dos usuários em geral; e dos indígenas, é um espaço apropriado para dialogar democrática e legitimamente. É no Comitê que se discutem questões socioambientais e as prioridades da aplicação dos recursos públicos — revitalização, Planos de Bacia, outorga, cobrança, conflitos de interesse dos usos da água — de forma mais participativa e que pode vir a tender a todos os usuários da bacia.

Re-desenhar um futuro mais saudável para as populações e as naturezas das terras secas dos sertões do sub-médio São Francisco, das bacias dos rios Macururé e Curaçá, é possível e viável, mas há que ser uma conquista de todos, para ser justo social e ambientalmente, legítimo e irrefutável.

Referências Bibliográficas

- Abraham, Elena María e Beekman, Gertjan B. Indicadores de la desertificación para América del Sur. (2006). Abraham y G. b. Beekman Editores, BID. Mendoza, Argentina.
- Abreu, A. A. (1983). A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. Rev. IG, São Paulo, v. 4, n. 112, p. 5-23.
- Ab'Saber, A. N. (1969). Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste brasileiro. Geomorfologia, nº 19. São Paulo: IGEOG-USP.
- Ab'Saber, A. N. (1970). Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Geomorfologia, n.20.
- Ab'Saber, A. N. (1974). O Domínio Morfoclimático das caatingas brasileiras. São Paulo: USP/IGEUG, Geomorfologia, nº 43.
- Ab'Saber, A. N. (1977). Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. Paleoclimas (3). São Paulo.
- Ab'Saber, A. N. (1977). Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. São Paulo: USP/IGEUG, Geomorfologia, nº 53.
- Ab'Saber, A. N. (1977). Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. Geomorfologia, São Paulo, n. 52, p.1-22.
- Ab'Saber, A. N. (1980). Razões da retomada parcial de semi-aridês Holocênica, por ocasião do "Ótimum Climaticum". InterFácies (8), IBILCE, São José do Rio Preto/SP.
- Ab'Saber, A. N. (1989). Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia: questões de escala e método. Estudos Avançados, v. 3, n. 5, p. 4-20.
- Ab'Saber, A. N. (1992). A teoria dos refúgios: Origem e significado. Revista do Instituto florestal, Edição especial, São Paulo.
- Ab'Saber, A. N. (1999). Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. Dossiê Nordeste Seco. 59 p.
- Ab'Saber, A. N. (2007). Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 4ª ed. São Paulo: Ateliê Editorial.
- Abahussain, A. A., Abdu, A. S., Al-Zubari, W. K., Eel-Deen, N. A., Abdul-Raheem, M. (2002). Desertification in the Arab Region: analysis of current status and trends. Journal of Arid Environments. 51: 521-545.
- Albuquerque, Tatiana M. A. & Mendes, Carlos A. B. (2009). Avaliação do processo de gestão de seca: estudo de caso no Rio Grande do Sul. REGA - Vol. 6, no. 1, p. 17-29, jan./jun.
- Albuquerque, Ulysses Paulino. (1999). Manejo tradicional de plantas em regiões neotropicais. Acta Botânica Brasileira. 13(3): 307-315.
- Alkmim F.F. (2004). O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B. (orgs.) Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca, São Paulo, p. 17-35.
- Alves, H. P. F. (2013). Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. Revista Brasileira de Estudos de População, Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p. 349-366. <http://www.scielo.br/pdf/rbepop/v30n2/02.pdf>
- Amorim, Itamar G. & Germani, Guiomar I. (2005): Quilombos da Bahia: presença incontestável. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina - 20 a 26 de março de 2005 - Universidade de São Paulo.

Anderson, L. O.; Latorre, M.L.; Shimabukuro, Y E; Arai, E.; Carvalho, O. A. (2003). Sensor MODIS: uma abordagem geral. INPE São José dos Campos/ SP.

Andrade, L. A.; Oliveira, F. X.; Neves, C. M. L.; Félix, L. P. (2007). Análise da vegetação sucessional em campos abandonados no agreste paraibano. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 2, n. 2, p. 135-142.

Andrade, L. A.; Pereira, I. M.; Leite, U. T.; Barbosa, M. R. V. (2005). Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. *Cerne, Lavras*, v. 11, n. 3, p. 253-262.

Andrade, A. P. de; Souza, E. S. de; Silva, D. S. da; Silva, I. de F. da; Lima, J. R. S. (2006). Produção animal no bioma caatinga: paradigmas dos “pulsos-reservas”. In: Simpósios da 43ª reunião anual da SBZ, 2006, João Pessoa. Anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia. CD-ROM.
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36770/1/AAC-Producao-animal-no-bioma-caatinga.pdf>

Andrade, K. S.; Feitosa, P. H. C.; Barbosa, M. P. (2007). Sensoriamento Remoto e SIG na identificação de áreas em processo de desertificação no município de Serra Branca - PB: estudo de caso. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis: INPE, 21-26 abr. 2007, p. 4351-4356.
<http://www.inpe.br/biblioteca/>

Andrade G.O; Lins R. (1965). Introdução à morfoclimatologia do Nordeste do Brasil. *Arquivos do Instituto de Ciências da Terra*, Recife (3-4): 11-28.

Anéas de Castro, S. D. (2000). Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. *Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Barcelona, n. 60, p. 1- 15.
<http://www.ub.edu/geocrit/sn-60.htm>

Antunes, Paulo de Bessa. (2008). *Direito ambiental*. Editora Lumen Juris.

Aouad, Marilene dos Santos. (1995). *Desertificação*. Salvador, CAR - Projeto Áridas Bahia.

Araújo, F. T. V. (2014). Metodologia de avaliação multicritério da vulnerabilidade à desertificação no semiárido. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental.

Araújo Filho, J. A. (2014). Proposta para a implementação do manejo pastoril sustentável da caatinga. MMA - Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria de Ecossistemas. Brasília/DF. 135 p.
www.mma.gov.br/publicacoes/biomas/category/61-caatinga%3Fdownload%3D1160:proposta-para-a-implementa%25C3%25A7%25C3%25A3o-do-manejo-pastoril-sustent%25C3%25A1vel-da-caatinga+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br

Araújo Filho, J. A. (2013). *Manejo pastoril sustentável da caatinga*. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara. 200 p.

Araújo, G.H. de S.; Almeida, J.R.; Guerra, A. J.T. (2005). *Gestão ambiental de áreas degradadas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Araújo Filho, J.A.; Crispim, S.M.A. (2002). Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. In: Conferência virtual global sobre produção orgânica de bovinos de corte. Concórdia, SC. Anais... Corumbá, MS: Embrapa Pantanal. p.1-7.

Araújo Filho, J. A., E. R. Gadelha, P. Z. Leite, S. M. A., Souza e M. C. R. Crispim (1996), “Composição botânica e química da dieta de ovinos e caprinos em pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceara”. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, no 25, p. 383-395.

Arruda, Rinaldo. (1999). Populações tradicionais e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. *Ambiente & Sociedade*. Ano II. Nº 5, p 79-92.

Auler, A. S.; Smart, P.; Wang, Xi; Cristalli, P. e; Edwards R. L. (2003). O calcário caatinga e os carbonatos secundários superficiais do norte da Bahia: geocronologia e significado paleoambiental. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa IX Congresso da Associação

Brasileira de Estudos do Quaternário II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas. Recife/Pe. CD-Rom.

Auler, A.S. (1999). Karst Evolution and Palaeoclimate in Eastern Brazil. Ph.D. Thesis, University of Bristol.

Aubreville, A. (1949). *Climats, forêts et désertification de l'Afrique Tropicale*. Paris: Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales.

Aven, T. (2011). On some recent definitions and analysis frame works for risk, vulnerability and resilience. *Risk analysis*, v. 31, n. 4, p. 515-522.

Bahia. Decreto Nº 15.634 de 06 de novembro de 2014 - Institui a Política Estadual para o Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais.

Bahia. Lei nº 12.910 de 11 de outubro de 2013. Dispõe sobre a regularização fundiária de terras públicas estaduais, rurais e devolutas, ocupadas tradicionalmente por Comunidades Remanescentes de Quilombos e por Fundos de Pastos ou Fechos de Pastos.

Bahia. (2014). *Pobreza na Bahia em 2010: dimensões, territórios e dinâmicas regionais*. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia -SEI. Salvador. 193p.

Bahia. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia/SEI. *Cenas do sensor remoto RapidEye dos anos de 2009 e 2010*.

Bahia. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Semarh-Bahia. (2007). *Mapa da Cobertura Vegetal da Bahia*.

Bahia. Resolução Conerh Nº 80/2011. Diário Oficial da Bahia de 13 de setembro de 2011. Altera a Resolução Nº 43, que institui a Divisão Hidrográfica Estadual em Regiões de Planejamento e Gestão das Águas.

Bahia. Resolução Conerh Nº 43/2009. Diário Oficial da Bahia de 03 de março de 2009. Institui a Divisão Hidrográfica Estadual em Regiões de Planejamento e Gestão das Águas.

Bahia. Resolução Conerh Nº 01/2005. Diário Oficial da Bahia de 22 de março de 2005. Aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia - PERH-BA.

Bahia. Sistema de Informação Georeferenciadas - SIG-BAHIA. (2003). *Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos - SIRH*. Salvador: Superintendência de Recursos Hídricos. 2 CD - Room.

Bahia. CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. *Sistemas de Informações Geográficas - SIG*. (2003). *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: Mapas na escala 1: 1.000.000 e 1: 2.000.000*. V. 1: maio. 1 CD-ROM.

Bahia/CPRM. *Mapa Geológico do Estado da Bahia*. (2003). Versão atualizada. Escala 1:1.000.000. CPRM/CBPM.

Bahia. DDF-SEAGRI. Departamento de Defesa Florestal - Secretaria de Agricultura do Estado da Bahia. *Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Estado da Bahia*. (1998). V. 1: 1 CD-ROM.

Bahia. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia/SEI. *Estatísticas dos Municípios Baianos [recurso eletrônico]*. (2012). Salvador.

Bahia. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia/SEI. *Balanço hídrico do Estado da Bahia*. Salvador. (1999). Série Estudos e Pesquisa, 45. 250p.

Bahia. Lei no 6.812 de 18 de janeiro de 1995. Cria a Secretaria da Cultura e Turismo, introduz modificações na estrutura organizacional da Administração Pública Estadual e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, BA, 20 jan.

Bahia. Lei no 6.855 de 12 de maio de 1995. Dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, BA, 14 mai.

Bahia. Lei no 7.354 de 14 de setembro de 1998. Cria o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - Conerh e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, BA, 16 set.

Bahia. Lei no 8.194 de 21 de janeiro de 2002. Dispõe sobre a criação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos da Bahia - Ferhba e a reorganização da Superintendência de Recursos Hídricos (SRH) e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Conerh), e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, BA, 22 jan.

Bahia. Lei no 9.843 de 27 de dezembro de 2005. Institui os Comitês de Bacias Hidrográficas, amplia as competências do Conerh e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, BA, 29 dez.

Bahia. Lei no 10.432 de 20 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, BA, 22 dez.

Bahia. Lei no 11.050 de 06 de junho de 2008. Altera a denominação, a finalidade, a estrutura organizacional e de cargos em comissão da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Semarh e das entidades da Administração Indireta a ela vinculadas, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, BA, 10 jun.

Bahia. Lei no 11.612 de 08 de outubro de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, BA, 10 jun.

Barbosa, J. S. F.; Sabaté, P. e Marinho M. M. (2003). O cráton do São Francisco na Bahia: uma síntese. Revista Brasileira de Geociências 33(1):3-6, março.

Barbosa, H.A., Huete, A.R., Baethgen, W.E. (2006). A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. Journal of Arid Environments. 67 (2006) 288-307.

Barbosa, M. S. M.; Lima, K. S. C.; Friede, R. R.; Miranda, M. G. (2015). A relação entre pobreza e degradação ambiental no Brasil sob a ótica dos indicadores PIB/IDH. Semioses. Rio de Janeiro. V. 9, n. 1, p. 17-35.

Barrera-Lobaton, Susana. (2013a). El análisis del paisaje como herramienta y puente teórico-metodológico para la gestión socio-ambiental del territorio. Geograficando, 9(9).

Barrera-Lobaton, Susana. (2013). Consideraciones teóricas para el análisis del paisaje. La Metodología de Los eventos relacionales. En Barrera-Lobaton, Susana y Monroy, Julieth Perspectivas sobre el paisaje. Perspectivas Ambientales de La Facultad de Ciencias Humanas de La Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: UN Editorial y Jardín Botánico de Bogotá.

Barros, K. O.; Gleriani, J. M.; Ribeiro, C. A. A. S.; Silva, E. (2012). O estado da arte da desertificação: análise dos principais periódicos da área de sensoriamento remoto. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS). Viçosa, MG. V.2, n.1 (jul. 2012). P 144-150.

Becker, B. & Egler, C. (1996). Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico econômico pelos estados da Amazônia. Rio de Janeiro: SAE&MMA.

Bernardes, Nilo. (1999). As caatingas. Revista Estudos Avançados. V. 13, nº 36. São Paulo.

Bernardes, Carmo. O gado e as larguezas dos Gerais. (1995). Revista Estudos Avançados. 9 (23).

Bertrand Claude y Bertrand, Georges. (2006). Geografía del Medio Ambiente. El Sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje. Granada: Universidad de Granada.

Bertrand, Claude e Bertrand Georges. (2002). Une géographie traversière: L'environnement à travers territoires et temporalités, Paris, éditions ARGUMENTS, 2002, 311 págs.

Bertrand, Claude e Bertrand Georges. (2007). Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Organizador Messias Modesto Passos. Maringá, PR: Ed. Massoni.

Bertrand, Georges & Frolova, Marina. Geografía y paisaje". (2006). En Hiernaux, Daniel y Lindón, Alicia (editores) Tratado de Geografía Humana. México: Antrophos. 254-272.

Bertrand, Georges. (2004). Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Tradução: Olga Cruz. Trabalho publicado, originalmente, na "Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest", Toulouse, v. 39. n. 3, p. 249-272, 1968, sob título: Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. Publicado no Brasil no Caderno de Ciências da Terra. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, n. 13, 1972. R. RA'E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR.

Bertrand, G. e Dollfus, O. (1973). "Le paysage et son concept". L'Espace Géographique, 3: 161-164.

Bigarella, João José. (1994). Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais. Vol.1. Florianópolis: Ed. UFSC.

Bigarella, João José. (2003). Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais. Vol.3. Florianópolis: Ed. UFSC.

Bloch, D. (1996): As frutas amargas do velho Chico: irrigação e desenvolvimento no vale do São Francisco. São Paulo: Livros da Terra.

Bolós i Capdevila, M. (dir.) (1992): Manual de Ciencia del paisaje: Teoría, métodos y aplicaciones. Masson, Barcelona.

Bomfim, J. D. (1999). Movimentos sociais de trabalhadores no rio São Francisco. Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. P. 30-45.

Borges, E. F. (2014). Discriminação e caracterização fenológica de Classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Oeste da Bahia a partir de séries temporais do Sensor MODIS. Tese de doutorado. Pós-graduação em Geociências Aplicadas/UnB. Brasília - DF. 138p.

Borges, E. F. & Sano, E. E. (2014a). Caracterização fenológica da cobertura vegetal do Oeste da Bahia a partir de séries temporais de EVI do Sensor MODIS. Revista Brasileira de Cartografia. N. 66/6:1265-1280.

Borges, E. F. & Sano, E. E. (2014b). Séries temporais de EVI do MODIS para o mapeamento de uso e cobertura vegetal do Oeste da Bahia. Boletim de Ciências Geodésicas - On-Line version, ISSN 1982-2170.

Burrough, P. A. (1998). Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. Journal of Soil Science, v. 40, p. 477-492.

Brasil. Ministério da Integração Nacional/MI.
<http://www.integracao.gov.br/>

Brasil. Ministério do Meio Ambiente/MMA.
<http://www.ministeriodomeioambiente.gov.br/>

Brasil. Ministério do Meio Ambiente/MMA.
http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/acoes2edicao.pdf

Brasil. Agenda 21.
<http://www.mma.gov.br/legislacao/item/648-cap%C3%ADtulo-12>

Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE. Projeto Topodata: Guia de utilização <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>
Sobre o refinamento aplicado aos dados SRTM <http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19%4080/2010/05.10.18.35/doc/publicacao.pdf>
Sobre a metodologia de processamento dos dados SRTM <http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19%4080/2010/05.10.18.42/doc/publicacao.pdf>

Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE. CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.
http://enos.cptec.inpe.br/tab_el_nino.shtml

Brasil. Ministério da Agricultura.

<http://www.agricultura.gov.br/>

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Agrário/MDA.
<http://www.mda.gov.br/>

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Social/MDS.
<http://www.mds.gov.br/bolsafamilia/cadastrounico/gestao-municipal/processo-de-cadastramento/arquivos/levantamento-de-comunidades-quilombolas.pdf>

Brasil. Fundação Nacional do Índio.
<http://www.funai.gov.br/>

Brasil. Agência Nacional das Águas/ANA.
<http://www2.ana.gov.br/>

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Instituto Nacional do Semiárido (INSA).
<http://www.insa.gov.br/>

Brasil. Agenda 21 Brasileira: Avaliação e Resultados. 2015.
http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/agenda21/Agenda_21_Brasileira_AVALIACAO_E_RESULTADOS.pdf

Brasil. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>

Brasil. (2017). Projeto URAD: Unidades de recuperação de áreas degradadas e redução da vulnerabilidade climática na região semiárida brasileira. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. Departamento de Desenvolvimento Rural Sustentável e Combate à Desertificação.

Brasil. (2016). Degradação Neutra da Terra: o que significa para o Brasil. Brasília. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

Brasil. (2015). Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN. Publicação IFDM 2015 - Ano base 2013.
<http://www.firjan.com.br/ifdm/downloads/>

Brasil. (2014). Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente.
<http://www.planalto.gov.br/>

Brasil. (2014). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Instituto Nacional do Semiárido (INSA). Mapas dos Núcleos de Desertificação do semiárido.
<http://www.insa.gov.br/?s=nucleo+desertifica%C3%A7%C3%A3o>

Brasil. (2014). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Oriental: Diagnóstico das pastagens no Brasil, Moacyr Bernardino Dias-Filho. 36 p.

Brasil. (2013). Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA, 2013) A nova cara da pobreza rural: desenvolvimento e a questão regional. Série Desenvolvimento Rural Sustentável. Brasília. V. 17. 540 p.

Brasil. (2012). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Manual Técnico em Geociências: Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2ª ed. Rio de Janeiro.

Brasil. (2012). Ministério do Meio Ambiente - Painel Nacional de Indicadores Ambientais (PNIA).
<http://www.mma.gov.br/pnia/>

Brasil. (2012). Novo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº 12.651/2012.
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm

Brasil. (2009). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Comentários Brasil agrário retratado pelo Censo Agropecuário 2006. Notas de esclarecimento.

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/comentarios.pdf

Brasil. (2009). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Manual Técnico em Geociências: Manual Técnico de Geomorfologia. 2ª ed. Rio de Janeiro.

Brasil. (2008). Sistema Brasileiro de Alerta Precoce de Secas e Desertificação. <http://www.cemaden.gov.br/>

Brasil. (2007). Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais - PNPCT.

Brasil. (2007). Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba; Marcos Oliveira Santana, organizador. Brasília: MMA, 234p.

Brasil. (2007). Ministério do Meio Ambiente/MMA. Desertificação e Arenização. José Roberto de Lima, Dirce Maria Antunes Suertegaray, Marcos Oliveira Santana. In Vulnerabilidade Ambiental. Rozely Ferreira dos Santos, org. Brasília: MMA.

Brasil. (2006). Portaria nº 131, de 28 de abril de 2006. Cria o Corredor Ecológico da Caatinga.

Brasil. (2006). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

Brasil. (2006). Programa de combate à desertificação - Proágua Semi-árido - Antidesertificação. Ministério da Integração Nacional-MI; Secretaria de Infraestrutura Hídrica-SIH; Departamento de Obras Hídricas-DOH e Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola-DDH; Ministério do Meio Ambiente-MMA; Secretaria de Recursos Hídricos; Coordenação Técnica de Combate à Desertificação-CTC e Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura-Unesco.

Brasil. (2006). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa, Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª edição. Brasília, DF.

Brasil. (2006). Ministério do Meio Ambiente/MMA. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese Executiva - Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 135p.

Brasil. (2006). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Manual Técnico em Geociências: Manual Técnico de Uso da Terra. 2ª ed. Rio de Janeiro.

Brasil. (2005). Nova delimitação do semiárido brasileiro. Ministério da Integração Nacional. Brasília.

Brasil. (2004). Ministério do Meio Ambiente/MMA. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAN-BRASIL. Edição Comemorativa dos 10 anos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - CCD. Brasília: MMA, 225p.

Brasil. (2003). Ministério do Meio Ambiente/MMA. Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Organizadores: José Maria Cardoso da Silva, Marcelo Tabarelli, Mônica Tavares da Fonseca, Livia Vanucci Lins. Universidade Federal de Pernambuco, Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da UFPE, Conservation International do Brasil, Fundação Biodiversitas, EMBRAPA Semi-Árido. Brasília, DF.

Brasil. (2003). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação/MCTI - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE. Anderson, L. O.; Latorre, M. L.; Shimabukuro, Y. E.; Arai, E.; Carvalho Júnior, O. A. Sensor MODIS: uma abordagem geral. São José dos Campos.

Brasil. (2003). Ministério das Minas e Energia/MME. Decreto 4.873 de 11/11/2003, cria o Programa Luz para Todos.

Brasil. (2002). Decreto Nº 4.297 de 10 de Julho de 2002. Regulamenta o art. 9o, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE.

Brasil. (2002). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA. Limitações do Uso dos Solos do Estado do Ceará por Suscetibilidade à Erosão. Antônio Agostinho Cavalcanti Lima Francisco Nelsieudes Sombra Oliveira Antônio Renes Lins de Aquino. Fortaleza, CE.

Brasil. (2002). Kutzbach, J., R. Gallimore, S. Harrison, P. Behling, R. Monitoring of the Brazilian Amazonian forest by satellite, 2000-2001, Instituto Nacional de Pesquisas. Espaciais, São José dos Campos/SP, Brazil.

Brasil. (2000).

Brasil. (1997). Lei 9.433/97. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Brasil. (1997). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 238; de 22/12/1997. Cria a Política Nacional de Controle da Desertificação. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo. (248) seção 1:30930, dez., 23.

Brasil. (1997). LEI Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Brasil. (1996). Ministério do Meio Ambiente/MMA. Becker, Bertha K., & Egler, Claudio. "Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal." 1996.

Brasil. (1992). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Manual Técnico em Geociências: Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro.

Brito Neves, B. B. (1990): A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: Simpósio sobre a bacia do Araripe e bacias interiores do nordeste, 1., 1990, Crato. Atas... Crato: DNP/MSB/SBG, 1990. p. 21-33.

Brito, José I. B., Braga, Célia C. (2002). Possíveis relações entre os múltiplos regimes climáticos e riscos de processos de desertificação em áreas do nordeste do Brasil. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, p. 1003-1010.

Brooks, Nick. (2004). Drought in the African Sahel: long term perspectives and future prospects. Tyndall Centre Working Paper No. 61. 37 pg. October.

Brundtland, Gro Harlem. (1987). Nosso Futuro Comum. Editora da Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro.

Burrough, Peter A. & McDonnell, Rachael A. (1998). Principles of geographical information systems. New York: Oxford University Press.

Calixto Jr., J. T. & Drumond, M. A. (2014). Estudo comparativo da estrutura fitossociológica de dois fragmentos de Caatinga em níveis diferentes de conservação. Pesquisa Florestal Brasileira Brazilian Journal of Forestry Research. Colombo, v. 34, n. 80, p. 00-00, out./dez. <https://www.embrapa.br/pfb>

Calixto Jr., J. T. & Drumond, M. A. (2011). Estrutura fitossociológica de um fragmento de caatinga sensu stricto 30 anos após corte raso, Petrolina-PE, Brasil. Revista Caatinga. Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, Brasil, v. 24, núm. 2, abril-junho, p. 67-74.

Cámara, José M. R. & Iglesias, José M. D. (2011). La representación cartográfica del paisaje cultural y el patrimonio inmaterial. Revista ph • Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. n.º 77. Monográfico. Febrero 2011 • pp. 120-123.

Camargo, F. F., Florenzano, T. G., Almeida, C. M. & Oliveira, C. G. (2011). Mapeamento geomorfológico com imagens estereoscópicas digitais do sensor Aster/Terra. Geociências, v. 30, p. 95-104.

Camargo, Eduardo C. G. (1998). Geoestatística: fundamentos e aplicações. Geoprocessamento para projetos ambientais. São José dos Campos: INPE.

Campello, Livia G. B. (2006). Desertificação, Governança e Sustentabilidade. Dissertação de Mestrado em Políticas Públicas e Processo. Faculdade de Direito de Campos/RJ. 191 p.

Campos, Hernani Loebler. (2009). O processo de desertificação: vulnerabilidade aos fenômenos climáticos. Revista de Geografia. Recife: UFPE - DCG/NAPA, v. 26, n. 3, set/dez.

Cândido, M. J. D. (1999). Pós-graduação em Zootecnia Seminário de tema livre caatinga-importante recurso forrageiro do nordeste brasileiro.
<http://www.forragicultura.com.br/arquivos/caatinga.pdf>

Castro, C. M.; Peixoto, M. N. O.; Rio, G. A. P. (2005). Riscos ambientais e Geografia: conceituações, abordagens e escalas. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 11-30.

Casseti, Valter. (1991). Ambiente e apropriação do relevo. Contexto. São Paulo.

Cavalcanti, Iracema F. A., Marengo, José A., Satyamurty, Prakki, Nobre, Carlos A., Trosnikov, Igor, Bonatti, José Paulo, Manzi, Antônio Ocimar, Tarasova, Tatiana, Pezzi, Luciano P., D'almeida, Cassiano, Sampaio, Gilvan, Castro, Christopher C., Sanches, Marcos B., & Camargo, Hélio (2002). Global climatological features in a simulation using the CPTEC-COLA AGCM, J. Climate, 15, 2965-2988.

Cavalcanti, E. G. (1997). Geo-economia do semi-árido irrigado: a experiência de Petrolina sob o enfoque da sustentabilidade do desenvolvimento. Recife: Editora Universitária da UFPE.

Ceará. (1994). Conferência Nacional e Seminário Latino - Americano da Desertificação - CONSLAD. Fortaleza: Fundação Esquel - PNUD - Governo do Ceará - BNB.

Cerqueira, M. O. & Vale, R. M. C. (2012 a). Domínio morfoclimático semiárido e condicionantes para a desertificação no Território do Sisal (Bahia). Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.1433 - 1446.

_____. (2012 b). Morfometria do relevo com dados SRTM/NASA para análise da desertificação no Território do Sisal-Bahia. 9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia. 21 à 24 de Outubro de 2012. Rio de Janeiro / RJ.

Chistofolletti, Antônio. (1999). Modelagem de Sistemas Ambientais São Paulo: Edgard Blücher.

Clover, J. & Eriksen, S. (2009). The effects of land tenure change on sustainability: human security and environmental change in southern African savannas. Environmental Science & Policy 12 (2009) 53-70.

Costa, José de Araújo. (2012). O fenômeno el niño e as secas no nordeste do Brasil. Revista Científica do IFAL, v. 1, n. 4, jan./jul.

Costa, Thomaz C. e C., Oliveira, Maria A. J., Accioly, Luciano J. de O., Silva, Flávio H. B. B. (2009). Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.13, (Suplemento), p.961-974.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2016). Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2016-2025. Nemas. 74 p.

Conti, José B. (2005). A questão climática do nordeste brasileiro e os processos de desertificação. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 1, No 1.

Conti, José B. (2005). Considerações sobre as mudanças climáticas globais. Revista da ANPEGE, ano 2, n.2, Fortaleza-CE.

Conti, José B. (1995). Desertificação nos trópicos: proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste brasileiro. 271 f. Tese de Livre-Docência (Programa de Pós-Graduação em Geografia) - USP, São Paulo.

Cordeiro, Maryana C., Bezerra, Kedyna L. T., Mello, Danielle. (2013). Estudo da seca em 2012 no estado da Bahia. Anais do I Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. Campina Grande - PB. Volume 1.

Costa, Anderson S. & Franco, Irving M. (2013). Potencial das imagens Rapid Eyes para estudos ambientais. Revista de Ciências da Amazônia, Macapá, n. 1, v. 2, p. 9-17.

Costa Neto, E. M.; Vale, R.M.C.; Franca Rocha, W.J.S. (2011). Estudo multidisciplinar sobre processos de desertificação, estratégias adaptativas e empoderamento das comunidades que habitam nos sertões do estado da Bahia. In: Dieter Rugard Siedenberg; Fernando do Nascimento Lock; Josirene Candido Londero. (Org.). Desenvolvimento regional: discussões e reflexões. 1 ed. Pelotas, RS: Editora e Gráfica Universitária PREC-UFPEL, 2011, v. 1, p. 191-202.

Costa, T. C. C., Oliveira, M. A. J., Accioly, L. J. O., Silva, F. H. B. B. (2009). Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.13, (Suplemento), p.961-974.

Costa, T. C. C.; Accioly, L. J. O.; Oliveira, M. A. J.; Burgos, N.; Silva, F. H. B. B. (2002). Phytomass mapping of the "Seridó caatinga" vegetation by the plant area and the Normalized Difference Vegetation Indexes. Scientia Agrícola. Piracicaba, Braz.) vol.59 no.4. p. 707-715.

Cox, E. (1994). The fuzzy systems: handbook a practitioner.s guide to building, using, and maintaining fuzzy systems. London: Academic Press.

Crepani, E. (2009). O Núcleo de Desertificação de Gilbués observado pelo Sensoriamento Remoto e pelo Geoprocessamento Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5185-5192.

Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, Cláudio C. F. (2001). Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. INPE-8454-RPQ/722. São José dos Campos. Junho.

Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Azevedo, L. G.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V. (1996). Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico. INPE. São José dos Campos.

Crosta, A. P. (1992). Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento remoto, IG/UNICAMP. SP: Campinas, 170p.

Cunha, Tony J. F., Sá, Iêdo B., Taura, Tatiana A., Giongo, Vanderlise, Silva, Maria S. L., Oliveira Neto, Manoel B., Araújo Filho, José C. (2011). Uso Atual e Ocupação dos Solos na Margem Direita do Rio São Francisco em Municípios do Estado da Bahia. Embrapa Semiárido. Petrolina, PE. 29 p.

Cunha, S. & Coelho, M. C. (2003). Política e gestão ambiental. In: CUNHA, S. & GUERRA, A. (Orgs). A questão ambiental. Diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Cutter, Susan (1996). Vulnerability in Environmental Hazards. Progress in Human Geography, 20(4), 529-539.

Da Silva, Francisco C. T. Pecuária e formação do mercado interno no Brasil-colônia. (1997). Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro ICHS/DDAS. Estudos Sociedade e Agricultura, p. 119-156.

Dantas, Mônica D. Penélope. (2000). Povoamento e ocupação do sertão de dentro baiano (Itapicurú, 1549-1822). N. 23.p. 9-30.

Dantas, Beatriz G., Sampaio, José Augusto L. & Carvalho, Maria do Rosário G. (1992). Os Povos Indígenas no Nordeste Brasileiro: Um Esboço Histórico. In: Carneiro da Cunha, Manuela (org.). História dos Índios no Brasil. São Paulo: FAPESP/SMC/ Companhia das Letras. pp. 431-456.

Dean, Warren. (2002). A ferro e fogo. A história e a devastação da mata atlântica brasileira Editora Schwartz Ltda. Companhia das Letras.

Desurvey. A Surveillance System for Assessing and Monitoring of Desertification. <http://www.desurvey.net/>

Dias, Simone C. S. (2013): Trajetória dos Fundos de Pasto na Bahia. Anais Eletrônicos. Vi Encontro estadual de História, Anpurh/Bahia.

Dias, L. F. & Lobão, J. S. B. (2011): Uso e cobertura da terra associado às áreas susceptíveis a desertificação com auxílio do Sensoriamento Remoto. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, NPE p.4374-4381.

Diegues, A. C. S. (2001). O mito da natureza intocada. São Paulo: Hucitec, NUPAUB, USP.

Demangeot, J. (1960). Essai sur le relief du Nord-est Brésilien. Ann. de Géographie, Paris. 69(372): 157-176.

Donzeli, P.; Valério Filho, M.; Pinto, S. dos A. F.; Nogueira, F. de P.; Rotta, C. L.; Lombarda Neto, F. (1992). Técnicas de Sensoriamento Remoto aplicadas ao Diagnóstico Básico para o planejamento e Monitoramento de Micro Bacias Hidrográficas. Campinas: Documentos IAC, n° 29. Pg. 91-119.

Dotterweich, M. (2013). The history of human-induced soil erosion: Geomorphic legacies, early descriptions and research, and the development of soil conservation—A global synopsis. *Geomorphology* 201 (2013) 1-34.

Downing, T.E., and M. Lüdeke. (2002). International desertification: Social geographies of vulnerability and adaptation. In: *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?*, ed. J.F. Reynolds and D.M. Stafford Smith, pp. 233-252. Dahlem Workshop Report 88. Berlin: Dahlem Univ. Press.

Dregne, H. (1987). Envergadura y Difusión del Proceso de Desertificación. In: *Colonización de los territorios áridos y lucha contra la desertificación: enfoque integral*. Programa de Las Naciones Unidas para El Medio Ambiente (PNUMA) - Comisión de La URSS de los asuntos de PNUMA. Moscú. P. 10-17.

Dresch, J. (1975): Les problèmes géomorphologiques Du Nord-Est Brésilien. Bull. Ass. Géograp. Français, 263/264: 48-59.

Druck, S. (2002). A geoestatística e os sistemas de informações geográficas. *Espaço & Geografia*, Vol.5, Nº 1 (2002), 1:15.

Duarte, R. (2015). Turn to pollute: poluição atmosférica e modelo de desenvolvimento no milagre brasileiro: 1967-1973. *Revista Tempo*, Niterói, v. 21, n. 37.
http://www.historia.uff.br/tempo/site/wp-content/uploads/2015/10/04-ARTIGO_Regina-Horta-Duarte.pdf

Duarte, A. C.; Pozza Filho, E. A. (2005). A intensificação da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul: ações antrópicas e políticas educacionais. III Simpósio Nacional de Geografia Agrária . II Simpósio Internacional de Geografia Agrária. Jornada Ariovaldo Umbelino de Oliveira. Anais... Presidente Prudente, 11 a 15 de novembro.

Escada, M. I. S. (1998). Aplicação de Técnica Fuzzy em SIG como alternativa para o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE). São José dos Campos: INPE.

Estados Unidos da América. (2003). National Aeronautics and Space Administration/NASA. Shuttle Radar Topography Mission/SRTM.

Estados Unidos da América. (2003). National Aeronautics and Space Administration/NASA. Shuttle Radar Topography Mission/SRTM.

Erhart, H. (1966). A teoria bio-resistática e os problemas biogeográficos e paleobiológicos. *Not. Geomorfológica*, Ano VI, n. 11, p. 51-58.

Erhart, H. Biostasia e resistasia: esboço de uma teoria que considera a pedogênese como um fenômeno geológico. (1962). *Notícia Geomorfológica*. Campinas, n.9-10.

Estados Unidos da América. Aeronautics and Space Administration/NASA.
<http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>; <http://srtm.usgs.gov/index.php>

Fagundes Neves, E. (2003). Posseiros, Rendeiros e Proprietários: Estrutura Fundiária e Dinâmica Agro-Mercantil no Alto Sertão da Bahia (1750-1850). Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em História do Norte e Nordeste do Brasil da Universidade Federal de Pernambuco.
<http://www.liber.ufpe.br/teses/arquivo/20041028135821.pdf>

Fausto, B. (1996). História do Brasil. Edusp.

Felgueiras, C. A. (2001). Análises sobre modelos digitais de terreno em ambiente de sistemas de informação geográficas.
<http://www.dpi.inpe.br/>

Felgueiras, C. Alberto & Câmara, G. Modelagem numérica de Terreno.
<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>

Felgueiras, C. A. (2001). Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geoestatístico por indicação. Tese de Doutorado em Computação Aplicada, aprovada em 1999. INPE. São José dos Campos.

Felix, A. M.; Kazmierczak, M. L.; Espíndola, G. M. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, Natal. 2009. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p 7619-7622.

Ferreira, A. G. & Mello, N. G. S. (2005). Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 1, No 1.

Ferreira, D. G.; Melo, H. P.; Rodrigues Neto, F. R.; Nascimento, P. J. S. dos. (1996). Avaliação do quadro da desertificação no Nordeste do Brasil: diagnósticos e perspectivas. In: Conferência Nacional da Desertificação, 1994, Fortaleza. Anais... Brasília: Fundação Grupo Esquel Brasil. p.7-56.

Finco, M. V. A.; Waquil, P. D.; Mattos, E. J. de. (2004). Evidências da relação entre pobreza e degradação ambiental no espaço rural do Rio Grande do Sul. Revista Ensaios FEE, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 249-276.

Florenzano, T. G. (2008). (Org.). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias. São Paulo: Oficina de Textos.

_____. (2005). Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. Revista do Departamento de Geografia, 17 (2005) 24-29.

_____. (2002). Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo, Oficina de Textos.

França, L. V. G.; Bressane, A.; Silva, F. N.; Peche Filho, A.; Medeiros, G. A.; Ribeiro, A. I.; Roveda, J. A. F. & Roveda, S. R. M. M. (2014). Análise Qualitativa da Paisagem Uso da lógica fuzzy para diagnóstico ambiental participativo. Atas CIAIQ2014. Investigação Qualitativa em Ciências Sociais//Investigación Cualitativa en Ciencias Sociales//Volume 3. P. 130-135.

Francisco, Papa. (2015). Carta encíclica *laudato si'* do santo padre Francisco sobre o cuidado da casa comum. Brasília, DF: CRB Nacional.
www.crbnacional.org.br/site/attachments/article/2068/CARTA%20ENC%3%8DCLICA%20LAUDATO%20S%3%8D.pdf

Galindo, I. C. de L. (2007). Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no Estado de Pernambuco.

Garcia, M.; Fernández, N.; Delibes, M. (2013). Ecosystems resilience to drought: indicators derived from time-series of Earth Observation data. In: EGU General Assembly Conference Abstracts.

Geist, H. J. & Lambin, E. F. (2004). Dynamic Causal Patterns of Desertification. September/Vol. 54 No. 9. BioScience 817.

Girão, O. (2012). Reconstrução do clima no nordeste brasileiro: secas e enchentes do século XIX. Finisterra, XLVII, 93, pp. 29-47.

Gómez Zotano, J. y Riesco Chueca. P. (2010): Marco conceptual y metodológico para los paisajes españoles. Aplicación a tres escalas espaciales. Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Junta de Andalucía.

Gonçalves, C. W. P. (2004). Geografia da Riqueza, Fome e Meio ambiente: pequena contribuição crítica ao atual modelo agrário/agrícola de uso dos recursos naturais. In: Oliveira, Ariovaldo Umbelino e Marques, Marta

Inez Medeiros (orgs.). O Campo no Século XXI: território de vida, de luta e de construção da justiça social. São Paulo: Editora Casa Amarela e Editora Paz e Terra.

Gomes, T. B. & Bandeira, F. P. S. F. (2012). Uso e diversidade de plantas medicinais em uma comunidade quilombola no Raso da Catarina, Bahia. *Acta Botanica Brasilica* 26(4): 796-809.

Gomes, M. A. F.; Pereira, L. C. (2011). Áreas Frágeis no Brasil: Subsídios à Legislação Ambiental. EMBRAPA Meio Ambiente.

Guerra, A.J.T. & Marçal, M. dos S. (2006). Geomorfologia Ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Gurgel, H. C. (2003). Variabilidade espacial e temporal do NDVI sobre o Brasil e suas conexões com o clima. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, orientada Pelo Dr. Nelson Jesus Ferreira, aprovada em 30 de março de 2000. INPE. São José dos Campos.

Hare, F. K. (1992). Desertificação: causas e consequências. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian.

Haase, Janine F. e Gutiérrez, Ricardo A. (2008). La reforma de la gestión del agua en el estado de Río Grande del Sur (Brasil), 1979-2006. *REGA - Vol. 5, no. 2, p. 53-69, jul./dez.*

Herrman, S.M., Hutchinson, C.F. The changing contexts of the desertification debate. *Journal of Arid Environments*, vol. 63, 2005, p. 543.

Hill, J., Stellmes, M., Udelhoven, Th, Röder, A., Sommer, S. Mediterranean desertification and land degradation: Mapping related land use change syndromes based on satellite Observations. *Global and Planetary Change*. Volume 64, Issues 3-4, December 2008, Pages 146-157.

Hogan, D. J.; Marandola Jr. E. (2006). Para uma conceituação interdisciplinar da vulnerabilidade. In: Cunha, J. M. P. (Org.) *Novas Metrôpoles Paulistas - população, vulnerabilidade e segregação*. Campinas: Núcleo de Estudos de População-NEPO/UNICAMP, p. 23-50.

_____. (2007). Vulnerabilidades e perigos naturais nos estudos de população e ambiente. In: Hogan, D. J. (Org.) *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*. Campinas: Núcleo de Estudos de População-NEPO/UNICAMP, p. 73-85.

Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems C. *Ecosystems* 4: 390-405.

Inda, H.A.V. & Barbosa, J.F. (1978). Texto explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia, Escala 1:1.000.000. Salvador, CPM-SME BA/CBPM, 137p.

Hounsou-Gbo, G. A. (2015). Dinâmica do atlântico tropical e seus impactos sobre o clima ao longo da costa do Nordeste do Brasil. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia.

Jatobá, L.; Silva, A. F & Galvêncio, J. D. (2017). A dinâmica climática do semiárido em Petrolina-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.10, n.01. P. 136-149.

Jatobá, L. & Galvêncio, J. D. (2016). A dialética das condições climáticas do semiárido nordestino brasileiro. *Revista Equador (UFPI)*, Vol.5, nº2. P. 75-86.

Jensen, J. R. (2009). Sensoriamento Remoto do Ambiente. São José dos Campos: Parêntese.

_____. (1986). *Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective*. Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice-Hall, 486p.

Jesus Jr., C, Rodrigues, L. S & Morais, V. E. G. Ovinocaprinocultura de corte: a convivência dos extremos. S/D. Biblioteca Digital BNDES. Disponível: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Agroindustria/201003_08.html

Jesus, C. F. P., Paim, G. F., Palma, E. G. A., Adorno, E. V., Duarte, M. C. M., Santos, M. B. C. (2010). Geoprocessamento: instrumento para a gestão dos recursos hídricos na delimitação automática de unidades hidrográficas. XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia - Aracaju - SE - Brasil. P. 36-43.

Justice, C. O. et al (1998). The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v.36, n.4, p.1228-1249.

King, L. C. (1956). Geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, Ano XVIII n° 2. 1956.

Koohafkan, A.P. (1996). Desertification, Drought and their Consequences. Environmental and Natural Resources Service (SDRN) FAO, Research, Extension and Training Division. Analysis: Desertification. 7 p.

Lage, C. S. (1986). Les milieux naturels de la haute vallée du Vaza Barris (Bahia-Brésil) et leur aménagement. Thèse de doctorat en Géographie. Bordeaux 3.

Leal, I. R.; Silva, J. M. C.; Tabarelli, M. Lacher Jr, T. E. (2005). Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. Megadiversidade. Vol. 1, Nº 1.

Leal, I. R.; Tabarelli, M. & Silva, J. M. C. (2003). Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária UFPE.

Leal, I. R., Vicente, A. & Tabarelli, M. (2003). Herbivoria por caprinos na caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar, in Leal, I. R.; Tabarelli, M. & Silva, J. M. C (eds.), Ecologia e conservação da caatinga, Recife, p. 695-715.

Leitão, A. E. & Henriques, A. G. (2002). Gestão dos Recursos Hídricos em Portugal nos Últimos 25 Anos. Deriva Histórica, Tendências Actuais e Perspectivas Futuras. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 7 n.4 Out/Dez, 23-37.

Leivas, J. F., Andrade, R. G., Vicente, L. E., Torresan, F. E., Victória, D. C., Bolfe, E. L. (2014). Monitoramento da seca de 2011/12 no nordeste brasileiro a partir do satélite SPOT-VEGETATION e TRMM. Engenharia na Agricultura. Viçosa, MG. V. 22, n. 3. P. 211-221.

Leivas, J. F., Andrade, R. G., Vicente, L. E., Torresan, F. E., Victória, D. C., Bolfe, E. L. (2013). Monitoramento da seca 2011/2012 a partir do NDWI e NDVI padronizado do SPOT-VEGETATION. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBRS. Foz do Iguaçu, PR, Brasil. P. 364-370.

Leroux, M.. (1995). La dynamique de la grande sécheresse sahélienne. Revue de géographie de Lyon. V. 70, n. 70-3, p. 223-232.

Lima, R. C. C., Cavalcante, A. M. B., Perez-Marin, A. M. (2011). Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA-PB. 209p.

Lima, J. R. A., Neves, D. J. D., Araújo, L. E., Azevedo, P. V. (2011). Identificação de tendências climáticas no estado da Bahia. Revista de Geografia (UFPE) V. 28, n. 3. P. 172-187.

Lima, G. M. & Vale, R. M. C. (2010). Desertificação e unidades geomorfológicas na região norte do estado da Bahia-Brasil. Actas/Proceedings do V Congresso Nacional de Geomorfologia. Porto, Portugal. 8 a 11 Dezembro.

Linhares, M. Y. E. (1995). Arquivos do Centro Cultural Calouste Gulbenkian, Le Portugal et l'Europe Atlantique, le Brésil et l'Amérique Latine. Mélanges offerts à Frédéric Mauro, vol. XXXIV, Lisboa, Paris, Dez.

Liu, W. T. H. (2006). Aplicações de sensoriamento remoto. Campo Grande: Editora UNIDERP, 2006. 908 p.

Lobão, J. S. B. & Vale, R. M. C. (2013). Lógica fuzzy na modelagem da desertificação no estado da Bahia. Geografia, Rio Claro, v. 38, n. 1, p. 123-140, jan./abr. 2013.

_____. (2009). Microbacias na região do Parque Estadual de Morro do Chapéu (PEMC): um modelo em SIG para análise ambiental. Sitientibus, Feira de Santana, n. 41, p.77-87.

López, E. I. (2009). La gestión de los recursos hídricos en el Ecuador. REGA - Vol. 6, no. 2, p. 33-48, jul./dez.

Luginbühl, Bontron e Cros. (1994). Methode pour des Atlas de Paysage. Identificación e qualificación. Strates/CNRS-SEGESA. France.

Mabesoone, J.M. (2000). Ciclicidade e Relevô. Revista Brasileira de Geomorfologia. União da Geomorfologia Brasileira. Ano 1, n.1.

Mabesoone, J.M.; Rolim, J.L. & Castro, C. (1977). Late Cretaceous and Cenozoic history of Northeastern Brazil. *Geologie en Mijnbouw* 56: 129-139.

Magnavita, L., Destro, N., Carvalho, M. S. S., Milhomem, P. S. & Lima, W. S. (2003). Bacia de Tucano. Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju, Sergipe, Brasil. http://www.phoenix.org.br/Phoenix52_Abr03.htm

Maia, R. P.; Bezerra, F.H.R. (2011). Neotectônica, Geomorfologia e Sistemas Fluviais: Uma análise preliminar do contexto Nordeste. Submetido e aceito para Revista Brasileira de Geomorfologia.

Maia, R. P., Bezerra, F. H. R. & Claudino Sales, V. C. (2010). Geomorfologia do nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. *Revista de Geografia*. Recife: UFPE - DCG/NAPA, v. especial VIII Sinageo, n. 1.

Maia, R. P. & Bezerra, F.H.R. (2009). Neotectônica, Geomorfologia e Sistemas Fluviais: Uma análise preliminar do contexto Nordeste. Submetido e aceito para Revista Brasileira de Geomorfologia.

Maia, R. P., Claudino Sales, V. C. & Peulvast, J. P. (2006). Evolução morfoestrutural dos compartimentos do relevo do baixo Jaguaribe - Ceará. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia e Regional Conference on Geomorphology. Goiânia. 06 a 10 de setembro.

Maia, A. G.; Romeiro, A. R.; Reydon, B. P. (2004). Valoração de recursos ambientais -metodologias e recomendações. Texto para Discussão, Instituto de Economia/UNICAMP, n. 116.

Mainguet, M. & Silva, G. G. (1998). Desertification and drylands development: what can be done? *Land Degradation & Development*. 9, 375-382.

Mainguet, M. (1994). *Desertification: Natural background and human mismanagement*, 2nd edn., Springer, Berlin, 314 p.

MapBiomass. <<http://mapbiomas.org>>

Marandola Jr, E. & Hogan, D. J. (2006). As dimensões da vulnerabilidade. *São Paulo em Perspectiva* 20.1 (2006): 33-43.

_____. (2005). Vulnerabilidades e Riscos: entre Geografia e Demografia. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53.

_____. (2004). Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v. VII, n. 2, p. 95-110.

_____. (2004a). O risco em perspectiva: tendências e abordagens. Encontro Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade - ANPPAS, 2. Indaiatuba, SP. Anais eletrônicos... Indaiatuba, SP: ANPAAS.

Marengo, J. A., Alves, Lincoln M., Beserra, E. A. & Lacerda, F. F. (2011). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Instituto Nacional do Semiárido. Campina Grande - PB. 383- 422.

Marengo, J. A. (2008). Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. *Parcerias Estratégicas*. Brasília/DF. N.27. 149-176. Dezembro.

_____. (2008). Água e mudanças climáticas. *Estudos Avançados* 22 (63).

_____. (2006). Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA.

Marengo, J. A. & Valverde, M. C. (2007). Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. Revista Multiciência. Campinas. Edição no. 8. Mudanças Climáticas. Maio.

Marengo, J. A. & Oliveira, G. S. (1998). Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/1999. In: Congresso Brasileiro De Meteorologia. Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia.

Marent, B. & Salgado A. A. R. (2010). Mapeamento das unidades do relevo da porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero/MG. Geografias. Belo Horizonte.

Marro, A.A., Souza, A.M.C.S., Cavalcante, E.R.S., Bezerra, G.S., Nunes, R.O. (2010). Lógica Fuzzy: conceitos e aplicações. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, pp. 1-23.

Mata Olmo, R. (2006). Un concepto de paisaje para la gestión sostenible del territorio, en Mata Olmo, R. y Tarroja, A. (2006). El paisaje y la gestión del territorio. Criterios paisajísticos en la ordenación del territorio y el urbanismo. Barcelona, Diputació de Barcelona-CUIMP, pp.17-40.

Mata Olmo, R.; Gómez Mendoza, R. y Fernández Muñoz, S. (2001). Paisaje, calidad de vida y territorio. Análisis Local, nº 37, pp. 27-40.

Mata Olmo, R. y Sanz Herráiz, C. (dirs.) (2003). Atlas de los paisajes de España. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, 788 págs.

Matallo Júnior, H. (2001). Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas. Brasília: UNESCO. 126 p.

Medeiros, L.C., Ferreira, N. C., Ferreira, L. G. (2009). Avaliação de modelos digitais de elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Cartografia, Nº 61/02.

Mendonça, F. & Danni-Oliveira, I. M. (2007). Climatologia. Noções Básicas e Climas do Brasil. São Paulo: Editora Oficina e Textos.

Meneses, P. R. & Almeida, T. de. (2012). Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília.

Mengatto Junior, E. A. & Silva, J. L. V. (2014). Imagens de alta resolução (rapideye) para elaboração de mapas para planejamento e gerenciamento: estrada parque do Pantanal, MS. 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro 2014. Anais. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 513 -522.

Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., Schröter, D. (2006). The vulnerability of ecosystem services to land use change. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 114, n. 1, p. 69-85.

Modercin, I. F. (2010). Rancho do Jatobá do Meio do Mundo: Etnografia da agricultura Pankararé e a relação dos índios com o ambiente. Dissertação de Mestrado. UFBA. Salvador. 190 p.

Molion, L. C. B. (2008 a). Aquecimento global: uma visão crítica. Revista Brasileira de Climatologia. Agosto.

_____. (2008 b). Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. Revista Brasileira de Climatologia. Agosto.

_____. (2007). Aquecimento global: natural ou antropogênico. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Vol. 15.

_____. (2005). Aquecimento global, el niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do pacífico. Revista Climanálise. CPTEC/INPE. Ano 03, Número 01.

Molion, L. C. B. & Bernardo, S. de O. (2002). Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, n. 1, p. 1-10.

Molion, L. C. B. & Bernardo, S. de O. (2000). Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. *Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais...(CD-ROM)*. Rio de Janeiro. P. 1334-1342.

Monteiro, C. A. F. (2001). Sobre a Desertificação no Nordeste Brasileiro e a Participação do Homem Nesse Processo. *Revista Intergeo*. Ano 1, Vol. 1, Nº. 1.

Moreira, J. N.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Ferreira, M. A.; Araújo, G. G. L.; Ferreira, R. L. C. & Silva, G. C. (2006). Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.11, p.1643-1651.

Moreira, M. A. (2007). Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. ed. Viçosa, MG: UFV. 320 p.

Moreira, F. R.; Câmara, G.; Almeida Filho, R. (2001). Técnicas de suporte a decisão para modelagem geográfica por álgebra de mapas - Relatório Técnico - Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas Ação, Métodos, modelos e geoinformação para a gestão ambiental: São José dos Campos, SP: INPE.

Moretto, C. F. & Schons, M. A. (2007). Pobreza e meio ambiente: evidências da relação entre indicadores sociais e indicadores ambientais nos estados brasileiros. Fortaleza, 2007.

http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii_en/menta3/trabalhos/pobreza_e_meio_ambiente.pdf

Mota, J. A. & Bursztyn, M. (2013). O Valor da Natureza como apoio à decisão pública. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, Curitiba, v.34, n.125. P.39-56.

Mota, J. A. (2006). O valor da natureza: economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond.

Da Motta, R. S. (2006). Economia ambiental. FGV Editora.

Mugetti, A.; Nugent, P.; Giacomo, R. M.; Cruzarte, G.; Ludueña, S.; Fioriti, M. J.; Enriquez, I.; Zabala, R.; Magnani, C.; Moyano, M. C. & Arensburg, I. (2006). La visión argentina sobre los problemas y la gestión de los recursos hídricos en su jurisdicción en la cuenca del Plata. *REGA - Vol. 3, no. 2, p. 65-79, jul./dez.*

Mulder, V.L., Bruin, S., Schaepman, M.E. & Mayr, T.R. (2011). The use of remote sensing in soil and terrain mapping - A review. *Geoderma* 162 (2011) 1-19.

Nascimento, F. R. (2010). Conceitos e teorias sobre desertificação em bacias hidrográficas - subsídios para abordagens metodológicas. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Maio.

_____. (2009). Identificação de áreas susceptíveis à desertificação em bacia intermitente sazonal no semi-árido brasileiro. *Boletim Goiano de Geografia*. Goiânia, v. 29, n. 2, p. 71-82, jul./dez.

_____. (2006). Degradação Ambiental e Desertificação no Nordeste Brasileiro: o Contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú-Ceará. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Fluminense, Programa em Pós-graduação em Geografia/Doutorado, Niterói.

Nascimento, F. R, Souza, Marcos, J. N. & Cruz, M. L. B. (2007). Enfoque geoambiental para o tratamento da degradação/desertificação no município de Sobral - Nordeste do Brasil/Ceará. *Ateliê Geográfico Goiânia-GO* v. 1, n. 2. P. 49-70.

Nascimento, F. R., Cunha, S. B. & Rosa, M. F. (2004). Degradação Ambiental e Desertificação no Ceará: O contexto das Sub-Bacias do Groaíras e Jacurutú nos Sertões do Alto-Médio Acaraú. IN: 6 Congresso Brasileiro de Geógrafos. Goiânia: AGB. 11p.

Nascimento, F. R, & Sampaio, J. L. F. (2004). "Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem." *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)* 6.1.

Navone, S. M et al. (2006). Indicadores Biofísicos de Desertificación en el Noroeste Argentino: Desarrollo Metodológico. In: Abraham, E.M. & Beekman, G. B. Indicadores de la Desertificación para América del Sur. Mendoza.

Nepomuceno, M. Q.; Lobão, J. S. B., Vale, R. M. C. (2011). Uso e cobertura da terra como indicativo do processo de desertificação na região de Irecê - BA. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.6794-6801.

Nicholson, S. E. & Tucker, C. J. e Ba, M. B. (1998). Desertification, Drought, and Surface Vegetation: An Example from the West African Sahel. Bulletin of the American Meteorological Society. Vol. 79, No. 5, p. 815-829. May.

Nicholson, S. E. (1981). Rainfall and atmospheric circulation during drought periods and wetter years in west Africa. Bulletin of the American Meteorological Society. Vol. 109, p. 2191-2208.

Nicholls, C. I.; Altieri, M. A. (2011). Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para El Siglo XXI. Agroecología, n. 6, p. 28-37.

Nimer, E. (1988). Desertificação: realidade ou mito? Revista Brasileira de Geografia, 50 (1). Rio de Janeiro: IBGE. p. 7-39.

_____. (1989). Climatologia do Brasil. Fundação Instituto de Geografia e Estatística - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, RJ; 421 p.

Nobre, P., Marengo, J. A., Cavalcanti, I. F. A., Obregon, G., Barros, V., Camilloni, I., Campos, N. & Ferreira, A. G. (2006). Seasonal-to-decadal predictability and prediction of South American climate. Journal of Climate, v. 19, p. 5988-6004.

Nobre, C. A., Sellers, P. J. & Shukla, J. (1991). Amazonian deforestation and regional climate change, J. Climate, 4, 957-988.

Nobre, C. A & Oyama, M. D. (2003). A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. Geophysical Research Letters, VOL. 30, Nº 23, 2199.

Nogué, J., Puigbert, L., Sala, P. & Bretcha, G. (2010). Paisatge i participació ciutadana: l'experiència dels catàlegs de paisatge de Catalunya. Olot: Observatori del Paisatge de Catalunya; Direcció General de Participació Ciutadana del Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació Ciutadana de la Generalitat de Catalunya.

Nogué, J. & Sala, P. (2008). El paisaje en la ordenación del territorio: Los catálogos de paisaje de Cataluña. Cuadernos Geográficos, 43 (2008-2), 69-98.

_____. (2006). Prototipus de catàleg de paisatge. Bases conceptuals, metodològiques i procedimentals per elaborar els catàlegs de paisatge de Catalunya. Olot i Barcelona, maig.

Novo, E.M.L. (2010). Sensoriamento remoto - princípios e aplicações. 4ª edição. São Paulo: Blucher. 388p.

Odum, E. P. & Barrett, G. W. (2007). Fundamentos de Ecologia. Editora: Thomson Pioneira.

Odum, E. P. Fundamentos da ecologia. (1976). (Fundamentals of ecology, 1953). C. M. Baeta Neves (Trad.). 6 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Oliveira, A.M.M. (2000). Análise da dinâmica do uso da terra: estudo da bacia hidrográfica do Ribeirão São João (SP). Rio Claro, IGCE, Unesp. Dissertação de Mestrado.

Oliveira-Galvão & Saito, C. H. (2003). Mapeamentos sobre Desertificação no Brasil: uma análise comparativa. Nº 77/Ago. <http://www.ibama.gov.br/ojs/index.php/braflor/article/viewFile/87/86>.

Oliveira, J. H. M. & Chaves, J. M. (2010). Mapeamento e caracterização geomorfológica: Ecorregião Raso da Catarina e Entorno NE da Bahia. Mercator - volume 9, número 20, 2010: set./dez. p. 217 a 238.

Oliveira Júnior, I. & Vale, R. M. C. (2014). Mapeamento geomorfológico e degradação ambiental: uma abordagem no contexto do Polo Regional de Guanambi-Bahia. Simpósio Nacional de Geomorfologia/SINAGEO. Revista Geonorte, Edição Especial 4, V.10, N.10, p. 398-405.

Oliveira, V. P. V. (2011). Indicadores biofísicos de desertificação, Cabo Verde/África. Mercator, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 147-168, mai./ago.

Oliveira, M. J. G. S. (2010). Refugiados ambientais: uma nova categoria de pessoas na ordem jurídica internacional. Revista Internacional de Direito e Cidadania, n. 7, p. 123-132, junho.

Oliveira, C. C. & Marques, D. M. (2008). Proteção e qualidade dos recursos hídricos brasileiros: contribuições da diretiva européia para a água. REGA - Vol. 5, no. 1, p. 5-12, jan./jun.

ONU. Organização das Nações Unidas.
<http://na.unep.net/siouxfalls/des/uncedp1.php>

ONU. Organização das Nações Unidas/Brasil. (2012).
<http://www.onu.org.br/seca-no-sahel-deixa-15-milhoes-de-pessoas-sob-risco-de-passar-fome/>

ONU. Organização das Nações Unidas. (2011). Global Drylands: A UN system-wide response. Prepared by the Environment Management Group.

ONU. Organização das Nações Unidas/Brasil. (2013).
<http://www.onu.org.br/pior-seca-dos-ultimos-50-anos-no-nordeste-brasileiro-confirma-estatisticas-da-onu-sobre-escassez/>

ONU. (1997). Organização das Nações Unidas/Brasil/PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos Países Afetados por Seca Grave e/ou Desertificação, Particularmente na África. Brasília: MMA.

ONU. Organização das Nações Unidas/Brasil/PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.
<http://na.unep.net/siouxfalls/des/uncedp1.php>

Ortiz, A. G. (1996-1997). Maria de Bolós i Capdevila: Una vida dedicada a la geografía y, particularmente, al estudio del paisaje. Revista de Geografía, vol. XXX-XXXI. pp. 13.

Oyama, M. D., Nobre, C. A. (2003). A new climate vegetation equilibrium state for Tropical South America. Geophys. Res. Lett., 30(23), 2199.

Osako, L. S.; Castro, D. L., Fuck, R. A., Castro, N. A. & Pitmbeira, J. P. A. (2011). Contribuição de uma seção gravimétrica transversal ao estudo da estruturação litosférica na porção setentrional da província Borborema, NE do Brasil. Revista Brasileira de Geofísica, 29(2): 309-329.

Paes, M. L. N. & Dias, I. de F. O. (2008). Plano de manejo: Estação Ecológica Raso da Catarina. - Brasília: Ibama. 326p.

Pachêco, A. P.; Freire, N. C. F. & Borges, U. N. A (2006). Transdisciplinaridade da Desertificação. Geografia. Vol. 15, Nº. 1, jan/jun.

Palma, E. G. A. (2017). Governança das águas no Brasil: aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos e seus impactos no território da Bacia do Rio São Francisco. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Federal de Sergipe. 416 p.

_____. (2014). Governança das águas no Brasil: a outorga dos recursos hídricos no Rio São Francisco e a apropriação do território. In: VI Congresso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales, São Paulo. P. 4572-4591.

Palma, E. G. A. & Araujo, H. M. (2013). O valor das águas no Brasil: Apropriação do Território e políticas públicas no Rio São Francisco. Revista Geonordeste.

Paraíba. (2011). Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado da Paraíba - PAE-PB. Associação para o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia - SCIENTEC, Projeto BRA/IICA/05/004 "Apoio às Ações de Implementação do Programa de Ação de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAN-BRASIL", Ministério do Meio Ambiente - MMA, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA. João Pessoa, Paraíba. 144 p.

Passos, A. L. O., Teixeira, A. R. & Silva, A. B. (2013). Avaliação das áreas verdes na região administrativa de Ipitanga, em Salvador (BA), com o uso de geotecnologias. *Revista Brasileira de Cartografia* (2013) N° 65/6: 1113-1125.

Pedras, L. R. V. (2000). A paisagem em Alexander von Humboldt: o modo descritivo dos quadros da natureza. *Revista USP*, São Paulo, n.46, p. 97-114, junho/agosto.

Paiva, A. Q.; Araújo, Q. R.; Gross, E.; Costa, L. M. (2007). O Deserto de Surubabel na Bahia. *Bahia Agricultura*. Salvador Vol. 8, N°. 1, Nov., 2007. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/3_comunicacao04v8n1.pdf>.

Peña, H., Luraschi, M. & Valenzuela, S. (2004). Agua, desarrollo y políticas públicas: la experiencia de Chile. *REGA* - Vol. 1, no. 2, p. 25-50, jul./dez.

Penha, A.E.P.P. (1994). O Calcário Caatinga de Orolândia, Bahia: Feições Diagnósticas, Gênese e Evolução de um Perfil Calcrete. Tese de Mestrado, Universidade Federal da Bahia.

Penha, T. V., Fonseca, L. M. G. & Korting, T. S. (). Inferência fuzzy na análise de vulnerabilidade de fragmentos florestais na Amazônia mato-grossense. *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 28 a 31 maio. Santos-SP.

Pereira, G. & Silva, M. N. da. (2011). Pobreza urbana e degradação ambiental: algumas reflexões sobre Curitiba, Brasil. Curitiba: LAHURB/UFPR, Brasil. http://www.javeriana.edu.co/viviendayurbanismo/pdfs/CVU_V4_N7-08.pdf

Pereira Filho, J. M.; Silva, A. M. A. & Cézar, M. F. (2013). Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, v.14, n.1, p.77-90 jan./mar. <http://www.rbspa.ufba.br>

Pereira Filho, J.M. & Bakke, O.A. (2010). Produção de Forragem de espécies herbáceas da caatinga. In: Gariglio, M.A.; Sampaio, E.V. Sá B.; Cestaro, L.A.; Kageyama, P.Y. *Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga*. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, p.145-159.

Pereira, B. E. & Diegues, A. C. (2010). Conhecimento de populações tradicionais como possibilidade de conservação da natureza: uma reflexão sobre a perspectiva da etnoconservação. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 22, p. 37-50, jul./dez. Editora UFPR.

Pérez Alberti, A. (2008): As Paisaxes de Galicia. En Reza, X.B y Cortina, A. *Protección. Xestión e Ordenación da Paisaxe en Galicia*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. pp. 117-130.

Pérez Alberti, A. (2001): A paisaxe como sistema: o exemplo de Galicia. In Perez Alberti, A. (Ed.): *O feito diferencial galego. As paisaxes de Galicia*. Museo do Pobo Galego. Santiago de Compostela. pp. 57-106.

Pérez Alberti, A. (2001): La ingeniería y la geodinámica del paisaje. *Revista Obras Públicas, Ingeniería y Territorio* n° 54, pp. 62-71.

Perez-Marin, A. M., Cavalcante, A. M. B., Medeiros, S. S., Tinôco, L. B. M. & Salcedo, I. H. (2012). Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? *Parc. Estrat. Brasília-DF*. V. 17, n. 34, p. 87-106, jan/jun.

Peulvast, J. P.; Claudino-Sales, V.; Bezerra, F. H. R. & Betard, F. (2006). Landforms and neotectonics in the Equatorial passive margin of Brazil. *Geodinamica Acta*. v. 19: 51-71.

Peulvast, J. P. & Claudino-Sales, V. (2003). Stepped surfaces and Paleolandforms in the Northern Brazilian Nordeste: Constraints on models of morfotectonic evolution. *Geomorphology*. v. 3: 89-122.

Peulvast, J. P. & Claudino-Sales, V. C. (2002). Aplainamento e geodinâmica: revisitando um problema clássico em geomorfologia. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 01, n. 01.

Peulvast, J. P. & Claudino-Sales, V. (2000). Dispositivos Morfo-Estruturais e Evolução Morfotectônica da Margem Passiva Transformante do Nordeste Brasileiro. III Simpósio Nacional de Geomorfologia, Campinas, SP.

Pinto, S. A. F. (1991). Sensoriamento Remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica. São Paulo: Universidade de São Paulo. (Tese Doutorado).

_____. (1996). Contribuição metodológica para análise de indicadores da erosão do solo utilizando técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelo predictivo. Rio Claro, IGCE/UNESP. Tese de Livre-Docência.

Pinto, R. M. S., Carvalho, V. C. & Alvalá, R. C. S. (2009). Mapas de variabilidade temporal do uso e cobertura da terra do núcleo de desertificação de Irauçuba (CE) para utilização em modelos meteorológicos. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 abril, INPE, p. 6077-6083.

Pinto, S. A. F. & Garcia, G. J. (2005). Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise de bacias hidrográficas. *Revista do Departamento de Geografia*, 17 (2005) 30-37.

PIRES, E.; MÜLLER, G.; VERDI, A. (2006). Instituições, Territórios e Desenvolvimento Local: delineamento preliminar dos aspectos teóricos e morfológicos. *Geografia*, Rio Claro, v. 31, p. 437-454, set./dez.

PIRES, E.; FUINI, L. L.; MANCINI, R. F.; PICCOLI NETO, D. (2011). Governança Territorial: conceito, fatos e modalidades. Rio Claro: Ed. Pós-Graduação em Geografia/ IGCE/UNESP.

PIRES, E. (2014). Desenvolvimento e Governança Territorial no Brasil: conceitos, modalidades e perspectivas. VI CIETA, São Paulo, 2014.

Pissinati, M. C. & Archela, R. S. (2009). Geossistema, TS e Paisagem - Método de Estudo da Paisagem Rural sob a Ótica Bertrandiana. *Geografia*, Londrina, v. 18, n. 1, p. 5-31.

Ponzoni, F. J. & Shimabukuro, Y. E. (2007). Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. *Parêntese*, 127 p.

Portnov, B. A. & Safriel, U. N. (2004). Combating desertification in the Negev: dryland agriculture vs. dryland urbanization. *Journal of Arid Environments* 56 (2004) 659-680.

Puigdefabregas, J., Del Barrio, G. & Hill, J. (2009). Ecosystemic approaches to land degradation. *Advances in studies on desertification. Contributions to the International Conference in memory of Prof. John B. Thornes*. Murcia: Universidad de Murcia, Editum. P. 77- 87.

Quadros, D.G. (2004). Nematodioses de ovinos e caprinos mantidos em pastagens no Oeste da Bahia. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 104 p.

Queiróz, L. P.; Rapini, A. & Giuliatti, A. M. (2006). Rumo ao amplo conhecimento da biodiversidade do semi-árido brasileiro. Ministério da Ciência e Tecnologia. CGEE. Brasília, Brasil, 144p.

Ramos, M. (2007). Gestão de Recursos Hídricos e Cobrança pelo Uso da Água. Fundação Getúlio Vargas/Escola Brasileira de Administração Pública.
<http://www.cepal.org>

Rêgo, A. H. (2012). Os sertões e os desertos: o combate à desertificação e a política externa brasileira. Ministério das Relações Exteriores e Fundação Alexandre de Gusmão. Brasília. 204 p. Rozely Ferreira dos Santos, organizadora: Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007.

Rêgo, T. C. C. & Vieira, C. V. P. P. B. (2011). Proposta metodológica para gestão de secas: o caso da bacia do Alto Jaguaribe, Ceará. *REGA - Vol. 8, no. 2, p. 43-55, jul./dez.*

Rêgo, T. C. C. C.; Oel P. van. & Araújo, J. C. de. (2005). Avaliação dos planos de convivência com a seca no Ceará: estudo de caso 2001. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16. Anais...João Pessoa.

Reilly, J.; Stone, P. H.; Forest, C. E.; Webster, M. D.; Jacoby, H. D. & Prinn, R. G. (2001). Uncertainty and Climate Change Assessments. Science Magazine. Joint Program on the Science and Policy of Global Change. MIT. Vol: 293 (5529), pp: 430-433. Cambridge, MA, USA.

Repossi, P. V. & Canziani, P. O. (2009). Detección y estudio de las perturbaciones generadas en la atmósfera por los eventos “El Niño Benguela”. Revista de Climatología, Buenos Aires, Argentina. Vol. 9. p. 15-23.

Reynolds, J. F., Maestre, F. T., Huber-Sannwald, E., Herrick, J. & Kemp, P. R. (2005). Aspectos socioeconômicos y biofísicos de la desertificación. Revista Ecosistemas. Vol. 15, nº3. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54014302>

Reynolds, James F., Stafford Smith D. Mark, Lambin, Eric F., Turner II B. L., Mortimore, Michael, Batterbury Simon P. J., Downing, Thomas E., Dowlatabadi, Hadi, Fernández, Roberto J., Herrick, Jeffrey E., Huber-Sannwald, Elisabeth, Jiang, Hong, Leemans, Rik, Lynam, Tim, Maestre, Fernando T., Ayarza, Miguel & Walker, Brian. (2007). Global Desertification: Building a Science for Dryland Development. SCIENCE. Vol 316 11 May.

Ribeiro, W. Costa. (2001). Desenvolvimento sustentável e segurança ambiental global. Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. Nº 312, 14 de septiembre.

Rios, I. Q. & Vale, R. M. C. (2014 a). O contexto climatobotânico da bacia Hidrográfica vaza-barris-ba e suas relações com o processo de desertificação. VI Congresso Iberoamericano de Estudos Territoriais e Ambientais. São Paulo, p. 2670-2687.

_____. (2014 b). Parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Vaza-Barris: contribuições para análise da dinâmica de drenagens no semiárido baiano. Simpósio Nacional de Geomorfologia/Sinageo. Revista Geonorte, Edição Especial 4, V.10, N.1, p. 265 - 269.

_____. (2014 c). Morfometria do relevo como subsídio para a análise da desertificação na bacia hidrográfica Vaza-Barris-Bahia. Simpósio Nacional de Geomorfologia/Sinageo. Revista Geonorte, Edição Especial 4, V.10, N.3, p. 240-245.

_____. (2014 d). NDVI como subsídio para o estudo do processo de desertificação na bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris-Bahia. Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - Geonordeste. Aracaju, p. 495-499.

Rodrigues, C. & Adami, S. (2005). Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: Venturi, I. A. B. (org). Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

Rodrigues, V., Matallo Júnior, H., Linhares, M. C., Oliveira-Galvão, A. L. C. de & Gorgônio, A de S. (1995). Avaliação do quadro da desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas. Desenvolvimento sustentável no Nordeste. IPEA, Brasília. [Links] (1995): 263-302.

Rodriguez, J. M. M., Silva, E. D., & Cavalcanti, A. P. B. (2013). Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 4ª ed. 222 p.

Rodriguez, J. M. M., Silva, E. D., & Cavalcanti, A. P. B. (2002). A Classificação das Paisagens a partir de uma visão Geossistêmica. Rev. Geog. Mercator, n. 1, p. 95-112.

Rosa, R. (2011). Análise espacial em geografia. Revista da Anpege, v. 7, n. 1, número especial, p. 275-289, out.

Rosolém, N. P. & Archela, R. S. (2010). Geossistema, TS e Paisagem como método de análise geográfica. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Maio.

Ross, J. L. S. (2006). Ecogeografia do Brasil: subsidios para planejamento ambiental. São Paulo, SP: Oficina de Textos. 208p.

_____. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do departamento de Geografia*, v. 8, p. 63-74.

_____. (1992). O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, n.6, p.17-30.

_____. (1985). Relevo Brasileiro: uma nova proposta de classificação. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo nº 4, p. 25-39.

Ross, J. L. S.; MOROZ, I. C. (1996). Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia - FFCH/USP*, São Paulo, v. 10, p. 20-32.

Roxo, M. J. (2006). O panorama mundial da desertificação. *Emília Moreira (Org.). Agricultura familiar e Desertificação*. João Pessoa: Ed. Universitária da UFPB, p. 11-32.

Rudorff, B. F. T.; Mello, M. P. & Shimabukuro, Y. E. (2009). Imagens de satélites de sensoriamento remoto no Brasil. *Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, Corumbá, 7-11 novembro, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.1077-1083.

Ruhoff, A. L., Souza, B. S. P. Giotto, E. & Pereira, S. R. (2005). Lógica Fuzzy e Zoneamento Ambiental da Bacia do Arroio Grande. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia-Brasil, 16-21 de abril de 2005, INPE, p.2355-2362.

Sá, I. B., Cunha, Tony J. F., Taura, T. A. & Drumond, M. A. (2014). Mapeamento da desertificação da mesorregião Sul do Ceará com base na cobertura vegetal e nas classes de solos. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 07, n.03. 572-583.

Sá, I. B.; Cunha, T. F. da.; Taura, T. A. & Drumond, M. A. (2013). Mapeamento da desertificação do semiárido paraibano com base na sua cobertura vegetal e classes de solos, *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, Brasil, 13-18 abril 2013, INPE, pp. 3112-3118.

Sá, I. I. S., Galvêncio, J. D. (2010). Avaliação da Degradação Ambiental na Região do Araripe Pernambucano Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 06 1292-1314.

Sá, I. B., Cunha, T. J. F., Teixeira, A. H. C., Angelotti, F. & Drumond, M. A. (2010). Desertificação no semiárido brasileiro. *Fortaleza, ICID*, 18.

Sá, I. B. & Angelotti, F. (2009). Degradação ambiental e desertificação no Semi-Árido brasileiro. In: Angelotti, F.; Sá, I. B.; Menezes, E. A.; Pellegrino, G. Q. (Ed.). *Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária. cap. 4, p. 53-76.

Sá, I. B. ; Sá, I.I. da S. & Silva, A. de S. (2006). Desertificação na região de Cabrobó-PE: a realidade vista do espaço. *Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*, v. 3.

Sá, I. B.; Fotius, G. A. & Riché, G. R. (1996). Degradação ambiental e reabilitação natural no trópico semiárido brasileiro. In: *Conferência Nacional da Desertificação, 1994*, Fortaleza. *Anais...* Brasília: Fundação Grupo Esquel Brasil, 1996. p. 310-331.

Saadi, A. (1998). Modelos morfogenéticos e tectônica global: reflexões conciliatórias. *Geonomos*; n6, UFMG, Belo Horizonte. 55-63.

Saadi, A. & Torquato, J.R. (1994). Contribuição à neotectônica do Estado do Ceará. *Revista de Geologia*, Fortaleza-CE. 5: 5-38.

Saadi, A. (1993). Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15.

Salcedo, I.H. & Sampaio, E.V.S.B. (2008). Matéria orgânica do solo no bioma Caatinga. In: Santos, G.A.; Silva, L. S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole, p. 25-47.

Sales, M. C. L. (2003). Evolução dos estudos de Desertificação no Nordeste Brasileiro. São Paulo: Geosp - Espaço e Tempo, Nº 14, pp. 9-19.

_____. (2003). Degradação Ambiental em Gilbués, Piauí. Mercator. Ceará: Ano 02, n. 04.

_____. (1998). Estudo da degradação ambiental em Gilbués - PI: reavaliando o "núcleo de desertificação". São Paulo, USP/FFLCH/Departamento de Geografia. Dissertação de Mestrado.

_____. (1996). Estudo da degradação ambiental em Gilbués-PI. Reavaliando o "núcleo de desertificação". São Paulo, USP. Dissertação de Mestrado. 181p.

Salgado, A. A. R. (2007). Superfícies de aplainamento: antigos paradigmas revistos pela ótica dos novos conhecimentos geomorfológicos Geografias. Belo Horizonte 03(1) 64-78 janeiro-junho.

Sampaio, E. V. S. B.; Araújo, M. S. B. & Sampaio, Y. S.B. (2008). Propensão à desertificação no semi-árido brasileiro. Revista de Geografia (Recife), v. 22, n. 2, p. 59-76.

Sampaio, E. V. S. B. & Araújo, M. S. B. (2005). Desertificação no Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Recife. Anais... Recife: Conferências. 2005. 1 CD-ROM. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Sampaio, E.V.S.B.; Sampaio, Y.; Vital, T.; Araújo, S.B. & Sampaio, G.R. (2003). Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação. Recife: Editora Universitária UFPE. 202 p.

Sánchez, L. E. (2013) Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 583p.

_____. (2015). Avaliação de impacto ambiental. Oficina de Textos. Edição Digital.

Santilli, J. F. R. (2001). A política nacional de recursos hídricos (Lei 9.433/97) e sua implementação no Distrito Federal. Rev. Fund. Esc. Super. Minist. Público Dist. Fed. Territ., Brasília, Ano 9, V. 17, p. 144 - 179, jan./jun.

Santini, M., Caccamo, G., Laurenti, A., Noce, S. & Valentini, R. (2010). A multi-component GIS framework for desertification risk assessment by an integrated index. Applied Geography 30 (2010) 394-415.

Santibañez, F. (2001). Metodología unificada para la evaluación y monitoreo de la desertificación en América Latina. Santiago: Universidad de Chile / FAO. 1997. Apud Matallo Júnior, H. Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas. Brasília: Unesco. 126 p.

Santos, J. M. & Salgado, A. A. R. (2010). Gênese da superfície erosiva em ambiente semi-árido - Milagres/Ba: considerações preliminares. Revista de Geografia. Recife: UFPE - DCG/NAPA, v. especial VIII Sinageo, n. 1, Set.

Santos, L. J. C., Oka-Fiori, C., Canali, N. E., Fiori, A. P., Silveira, C. T., Silva, J. M. F. & Ross, J. L. S. (2006). Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 7, nº 2.

Santos, R. F. (2007). (Org). Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA.

_____. (2004). Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos.

Santos, E. J.; Nutman, A. P. & Neves, B. B. B. (2004). Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: Implicações Sobre a Evolução Tectônica da Zona Transversal, Província Borborema. Revista do Instituto de Geociências - USP. v. 4, n. 1, p. 1-12, abril.

São Paulo. Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE). http://cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_Carbono_pecuaria_SumExec.pdf

Sen, A. (2010). Desenvolvimento como liberdade. São Paulo: Companhia das Letras.

Sepehr, A.; Ekhtesasi, M. R. & Almodaresi, S. A. (2012). Development of Desertification Indicator System Base on DPSIR (Take advantages of Fuzzy-TOPSIS). Geography and Environmental Planning, v. 23, n. 1, p. 33-50.

Schier, R. A. (2003). Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. Trajectories of the concept of landscape in geography. Revista RA'E GA, Curitiba, n. 7, p. 79-85. Editora UFPR.

Schlesinger, S. (2009). O Gado Bovino no Brasil.

http://www.boell-latinoamerica.org/downloads/texto_gado_boll_2009-4.pdf.

Schoter, D., J. Metzger, Cramer, W. & Leemans, R. (2004). Vulnerability assessment - analysing the human-environment system in the face of global environmental change. The ESS Bulletin, v. 2, p. 11-17.

Serra, C. A T. (2003). Considerações acerca da evolução da propriedade da terra rural no Brasil. ALCEU - v.4 - n.7 - p. 231 a 248 - jul./dez.

Shimabukuro, V. E., Novo, E. M. & Ponzoni, F. J. (1998). Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, Número Especial, p. 1729-1737, out.

Simões-Meirelles, M. P. (1997). Análise integrada do ambiente através de geoprocessamento - Uma proposta metodológica para elaboração de zoneamentos. Tese, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Geografia. 192 p.

Silva, A. de B. (2003). Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e fundamentos. Campinas, SP: Editora da Unicamp.

Silva, B-C. N. & Silva, M. P. (2011): Crescimento Demográfico no Estado da Bahia, 2000 a 2010: Uma Contribuição Estatístico-Cartográfica. GeoTextos, vol. 7, n. 2, dez. 179-208.

Silva Filho, J. P., Lima, E.F. & Ferreira, D. G. (1994). Avaliação do consumo de energéticos florestais no Município de Gilbués, Piauí, Brasil. Fortaleza/CE. Conferência Nacional da Desertificação e Seminário Latino-Americano da Desertificação.

Silva, J. B., Lima. L. C. & Eustógio, W. C. D. (2006). Organizado por José Borzachiello da Silva. Panorama da geografia brasileira, Volume 2. São Paulo. Annablume. 308 p.

Silva, J. S. V. & Santos, R. F. (2004). Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, maio/ago.

Silva, H. P., Ribeiro, M. R., Galindo, I. C. de L., Silva, H. D. B., & Melo, A. L. (2011). Utilização de técnicas de sensoriamento remoto na identificação de áreas sob risco de desertificação no estado de Pernambuco. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE. p.9144.

Silva Neto, A. F., Barbosa, M. P., Moraes Neto, J. M. (2007). A dinâmica da desertificação e a influência dos eventos ENOS na degradação das terras em municípios do Cariri-Occidental (Paraíba-Brasil). Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p 4405-4412.

Singh, D., Herlin, I., Berroir, J.P., Silva, E.F. & Simoes, M. M. (2004). An approach to correlate NDVI with soil colour for erosion process using NOAA/AVHRR data. Adv. Space Res. 33 (3), 328-332.

Sivakumara, M.V.K., Gommersb, R. & Baier, W. (2000). Agrometeorology and sustainable agricultura. Agropecuária e Florestal Meteorologia 103 (2000) 11-26.

Sotchava, V. B. (1977). O estudo de geossistemas. Instituto de Geografia. USP, São Paulo: Ed. Lunar.

Souza, C. R. G.; Suguio, K.; Oliveira, A. M. S. & Oliveira, P. E. (2005). Quaternário do Brasil. Ed. Holos, Ribeirão Preto, 378 p.

Souza, M. J. N., Santos, J. O. & Oliveira, V. P. V. (2012). Sistemas ambientais e capacidade de suporte na bacia hidrográfica do rio Curu-Ceará. Revista Continentes (UFRRJ), ano 1, n. 1.

Sousa, F.P., Ferreira, T.O., Mendonça, E.S., Romero, R.E. & Oliveira, J.G.B. (2012). Carbon and nitrogen in degraded Brazilian semi-arid soils undergoing Desertification. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 148. 11- 21.

Souza, B. I., Menezes, R. & Artigas, R. C. (2015). Efeitos da desertificação na composição de espécies do bioma Caatinga, Paraíba/Brasil. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. N. 88, 2015, p. 45-59.

Souza, B. I., Suertegaray, D. M. A. & Lima, E. R. V. (2009). Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 08, número 16.

Stafford Smith, D. M. & Reynolds, J. F. (2002). Desertification - A New Paradigm for an Old Problem. *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* Edited by J.F. Reynolds and D.M. Stafford Smith. Dahlem University Press.

Suertegaray, D. (2004). Desertificação: recuperação e desenvolvimento sustentável. In: Guerra, A. J.T. e Cunha, S. B. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil.

Suguio, K., Barcelos, J.H. & Matsui, E. (1980). Significados paleoclimáticos e paleoambientais das rochas calcárias da Formação Caatinga (BA) e do Grupo Bauru (MG/SP). *Anais XXXI Congresso Brasileiro de Geologia*, 1: 607-617.

Sumfleth, K. & Duttman, R. (2008). Prediction of soil property distribution in paddy soil landscapes using terrain data and satellite information as indicators. *Ecological Indicators*. Volume 8, Issue 5, September, Pages 485-501.

Tabarelli, M.; Vicente, A.; Barbosa, D. C. A. (2003). Variation of seed dispersal spectrum of woody plants across a rainfall gradient in Northeast Brazil. *Journal of Arid Environments*, v.53, n.2, p.197-210.

Tanajura, C. A. S., Genz, F. & Araújo, H. A. (2010). Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do HADRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070-2100. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.3, 345-358.

Tansley, A. G. (1935). The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. *Ecology*. Vol. 16, No. 3 (Jul., 1935), pp. 284-307.

Toledo, V. P. (2005): La memória tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *Leisa*. Abril. 2005. pp. 16-19.

Toni, F. & Holanda Jr, E. (2008). The effects of land tenure on vulnerability to droughts in Northeastern Brazil. *Global Environmental Change* 18. 575-582.

Torrealba, H. Peña. (2004). 20 años del Código de Aguas de Chile. *REGA - Vol. 1, no. 1, p. 91-103, jan./jun.*

Tricart, J. y Kilian, J. (1982). *La Ecogeografía y la ordenación del medio natural*. Anagrama, Barcelona, 288 pp.

Tricart, J. (1977). *Ecodinâmica*. Suprem/IBGE, Rio de Janeiro.

Trigueiro, E. R. C., Oliveira, V. P. V. & Bezerra, C. L. F. (2009). Indicadores biofísicos e a dinâmica da degradação/desertificação no bioma caatinga: estudo de caso no município de Tauá, Ceará. *REDE. Revista Eletrônica do Proema, fortaleza*, v. 3, n. 1, p. 62-82.

Tundisi, J. G. (2003). Água no Século XXI: Enfrentando a escassez. - São Carlos: RiMa, IIE.

Uhlein, A.; Caxito, F. A.; Sanglard, J. C. D.; Uhlein, G. J. & Suckau G. L. (2011). Estratigrafia e tectônica das faixas neoproterozóicas da porção norte do Craton do São Francisco. / *Geonomos*, 19(2), 8-31.

UNCCD (2015).. Land degradation neutrality - resilience at local, national and regional levels. Bonn, Alemanha.

União Européia. Diretiva-Quadro da Água.

http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/pdf/tapintoit_pt.pdf

União Européia. Diretiva-Quadro da Água.

http://europa.eu/legislation_summaries/institutional_affairs/treaties/lisbon_treaty/ai0017_pt.htm

Valadão, R. C. (1998). Evolução de longo termo do relevo do cráton do São Francisco (denudação, paleosuperfícies e movimentos crustais). Salvador, UFBA. Tese de Doutorado, 343p.

Vale, R. M. C. (2010). Degradação ambiental e processos de desertificação no Estado da Bahia: relatório técnico para convênio Universidade Estadual de Feira de Santana / Raquel de Matos C. do Vale...[et al.]. Salvador: INGÁ.

Vale, R. M. C. & Cerqueira, M. O. (2015). Gestão ambiental no território do Sisal-Bahia-Brasil. II Congresso Internacional SETED-ANTE. Seminário “Estado, Território e Desenvolvimento”. O Governo dos Territórios. EDITA. Grupo de investigación Analise Territorial (ANTE GI-1871). Universidade de Santiago de Compostela - USC.

Valeriano, M. de M. (2008). Topodata: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais. Inpe. São José dos Campos.

_____. (2007). Visualização de imagens topográficas. Anais do XIII SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis-SC, Brasil 21-26 abril de 2007, INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, p. 1377-1384.

_____. (2004). Modelos Digitais de Elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. INPE, São José dos Campos.

_____. (2003a). Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.539-546.

_____. (2003b). Mapeamento da declividade em microbacias com sistemas de informação geográfica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.303-310.

_____. (2002). Modelos digitais de elevação de microbacias elaborados com krigagem. São José dos Campos: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-9364-RPQ/736). 54p.

Valeriano, M. de M. & Carvalho-Júnior, O. A. (2003). Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.4, n.1, p.17-29.

Valeriano, M. de M. & Moraes, J. F. L. de. (1996). Extração de rede de drenagens e divisores por processamento digital de dados topográficos. Anais do VIII SBSR- Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador-BA, Brasil abril de 1996, INPE- Instituto de Pesquisas Espaciais.

Valverde, O. (1967). Geografia da Pecuária no Brasil. Finisterra, Revista Portuguesa de Geografia. v. 2, n. 4.

Vanzolini, P. (1967). Problems and programs in Amazonian zoology. Atas Simp. sobre a Biota Amazônica 5 (Zoologia): 85-95. Vanzolini, P. 1970. Zoologia sistemática, geografia e a origem das espécies. Inst. Geográfico São Paulo. Série Teses e Monografias 3, 56p.

Vanzolini, P. (1973). Paleoclimates, relief, and species multiplication in tropical forests, p. 255-258; in: Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America: a Comparative Review (eds. Meggers, B.J., Ayensu, E.S. and Duckworth, W.D.), Smithsonian Inst. Press, Washington.

Vanzolini, P. & Ab'Saber, A.N. 1968. Divergence rate in South American Lizards of the genus *Liolaemus* (Sauria, Iguanidae). Pap. Avulsos Zool, São Paulo, 21: 205-208.

Vanzolini, P. & Williams, E.E. 1970. South American anoles: geographic differentiation and evolution of the *Anolis chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae). Arq. Zool. São Paulo, 19:1-298.

Varejão-Silva, M. A. (2001). Meteorologia e Climatologia. PAX Gráfica e Editora Ltda, 2ª Edição, 532 pg.

Vasconcelos Sobrinho, J. (2002). Desertificação no Nordeste do Brasil. Recife: Faderpe/UFRPE.

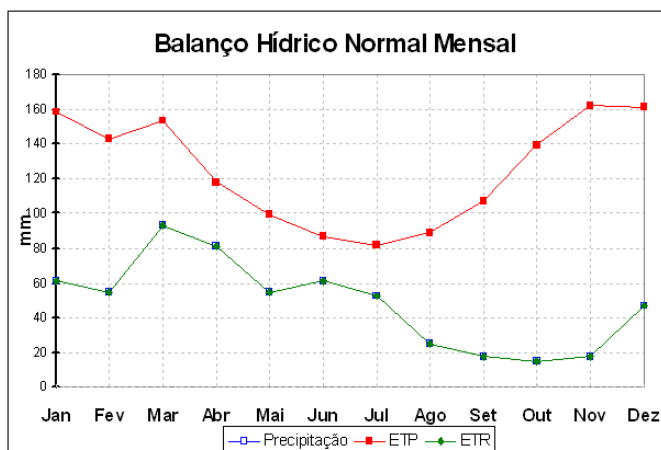
- _____. (1974). O deserto brasileiro. Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- _____. (1971). As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização. Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, Recife.
- Verdum, R.; Quevedo, D; Zanini, L. S. G. & Cândido, L. A. (2001). Desertificação: Questionando as Bases Conceituais, Escalas de Análise e Consequências. Revista Geographia. Niterói: Vol. 06.
- Verón, S. R., Paruelo, J. M. & Oesterheld, M. (2006). Assessing desertification. Journal of Arid Environments. 66. 751-763.
- Viadana, A. G. & Cavalcanti, A. P. B. (2006). A teoria dos refugiados florestais aplicado ao estado de São Paulo (The forest refuge's theory devoted to São Paulo state). Revista da Casa da Geografia. V. 8 n. 1.
- Viana, M. & Rodrigues, M. (1999). Um índice interdisciplinar de propensão à desertificação (IPD): instrumento de planejamento. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 30, n. 3, p. 264-294, jul.-set.
- Vianna, H. (1962). As Sesmarias no Brasil. Anais do II Simpósio dos Professores de História do Ensino Superior - ANPUH/Curitiba, outubro.
- Vieira, V. P. P. B. (2005). Análise de risco em recursos hídricos. Porto Alegre: ABRH-Coleção ABRH, v. 10.
- Vieira, R.M.S.P., Alvalá, R. C. S., Carvalho, V. C., Salles, T. A., Mello, E. M. K. & Ferraz Neto, S. (2006). Atualização do uso e da cobertura da terra no estado da Bahia com o uso de imagens orbitais para aplicações em modelos meteorológicos. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. Anais do XIV CBMET, v. 1.
- Vitte, A. C. (2011). A construção da geomorfologia no Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.12, n.3, p.91-108.
- _____. (2010). Breves considerações sobre a história da geomorfologia geográfica no Brasil. Brief observations on the history of geographical geomorphology in Brazil. Geo UERJ, v. 1, n. 21, p. 1-19.
- _____. (2008). Influências da filosofia kantiana na gênese da geografia física. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 07, número 14.
- _____. (2005). As bacias de drenagem e o modelado terrestre: algumas reflexões. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina/ Universidade de São Paulo.
- Vitte, A. C. & Nielmann, R. S. (2009). Uma introdução à história da geomorfologia no brasil: a contribuição de Aziz Nacib Ab'Saber. RBGF - Revista Brasileira de Geografia Física Recife-Pe, Vol.2 n.01 jan/abril, p. 41-50.
- Von Bertalanffy, L. (1968). General System Theory. Foundations, development and applications. New York: George Braziller.
- _____. (1977). Teoria Geral dos Sistemas. Ed. Vozes (RJ). 351 p.
- Xavier da Silva, J. & Zaidan, R.T. (2004). Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil.
- Webster, M. D.; Forest, C. E.; Reilly, J. M.; Sokolov, A. P.; Stone, P. H.; Jacoby, H. D. & Prinn, R. G. (2001). Uncertainty Analysis of Global Climate Change Projections. Joint Program on the Science and Policy of Global Change. MIT. Cambridge, MA, USA.
- Wigley, T. M. L. & Raper, S. C. B. (2001). Interpretation of High Projections for Global-Mean Warming. Science Magazine.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. Information and Control 8, p. 338-353. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001999586590241X>
- Zube, E., Sell, J. y Taylor, J. (1982). Landscape perception: Research, application and theory. Landscape Planning, 9, 1-33.



ANEXOS



Anexo I. Balanço Hídrico de Paulo Afonso, Bahia



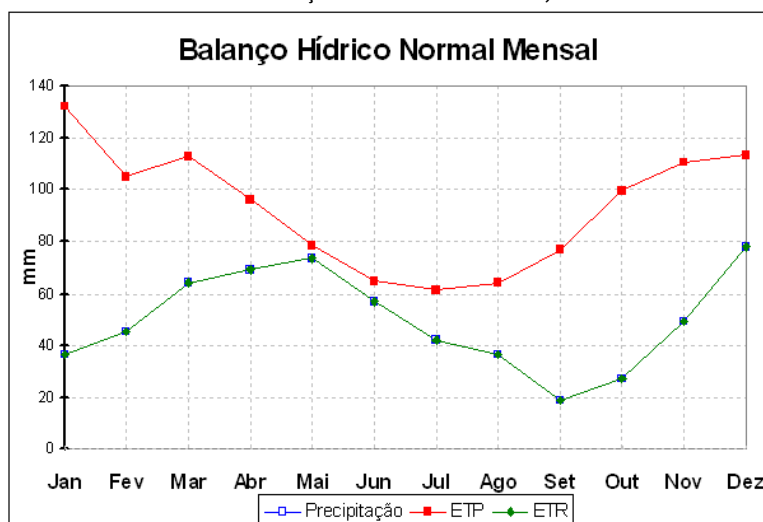
Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Latitude: 9,40 S **Longitude:** 38,22 W **Altitude:** 253 m **Período:** 1961-1990

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	27,4	61	159	0	61	98	0
Fev	27,2	55	143	0	55	88	0
Mar	27,1	93	154	0	93	61	0
Abr	25,5	81	118	0	81	37	0
Mai	24,2	55	99	0	55	44	0
Jun	23,6	61	87	0	61	26	0
Jul	23,0	53	82	0	53	29	0
Ago	23,5	25	89	0	25	64	0
Set	24,9	18	108	0	18	90	0
Out	26,4	15	139	0	15	124	0
Nov	27,7	18	162	0	18	144	0
Dez	27,3	47	162	0	47	115	0
TOTAIS	307,8	582	1.502	0	582	920	0
MÉDIAS	25,7	49	125	0	49	77	0

Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Anexo II. Balanço Hídrico de Monte Santo, Bahia



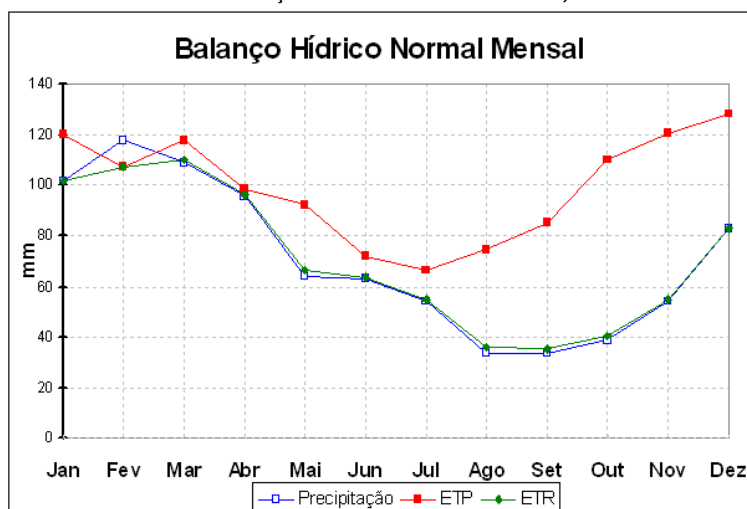
Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Latitude: 10,43 S **Longitude:** 39,30 W **Altitude:** 464 m **Período:** 1961-1990

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,7	37	132	0	37	96	0
Fev	24,3	45	105	0	45	60	0
Mar	24,2	64	113	0	64	48	0
Abr	23,3	69	96	0	69	27	0
Mai	21,5	74	78	0	74	5	0
Jun	20,4	57	65	0	57	8	0
Jul	19,8	42	62	0	42	19	0
Ago	20,0	37	64	0	37	28	0
Set	21,5	19	77	0	19	58	0
Out	23,2	27	100	0	27	73	0
Nov	24,2	49	111	0	49	61	0
Dez	24,0	78	114	0	78	36	0
TOTAIS	272,1	598	1.116	0	598	518	0
MÉDIAS	22,7	50	93	0	50	43	0

Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Anexo III. Balanço Hídrico de Senhor do Bonfim, Bahia



Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Latitude: 10,47 S

Longitude: 40,18 W

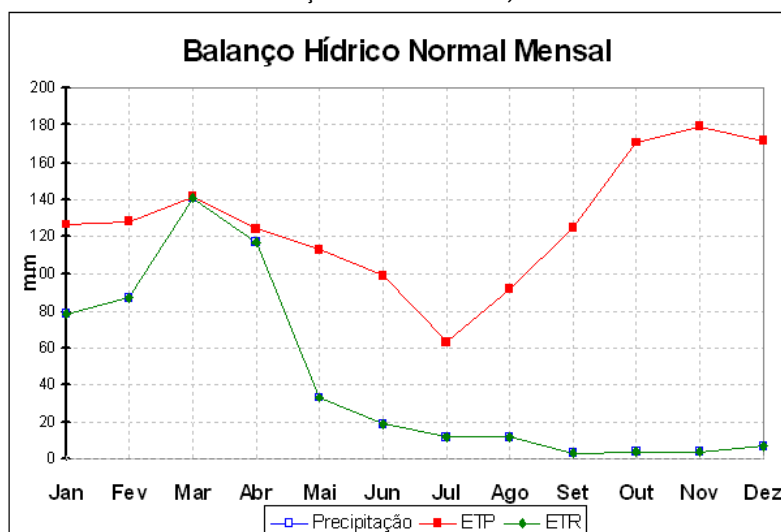
Altitude: 558 m

Período: 1961-1990

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,9	102	120	0	102	18	0
Fev	24,6	118	107	11	107	0	0
Mar	24,7	109	118	10	110	8	0
Abr	23,7	96	99	10	96	2	0
Mai	23,1	64	93	8	66	26	0
Jun	21,5	63	72	7	64	8	0
Jul	20,7	54	66	6	55	11	0
Ago	21,5	34	75	4	36	39	0
Set	22,6	34	85	2	36	50	0
Out	24,2	39	110	1	40	70	0
Nov	25,1	54	121	1	55	66	0
Dez	25,2	83	128	0	83	45	0
TOTAIS	281,8	850	1.193	61	850	343	0
MÉDIAS	23,5	71	99	5	71	29	0

Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Anexo IV. Balanço Hídrico de Cabrobó, Pernambuco

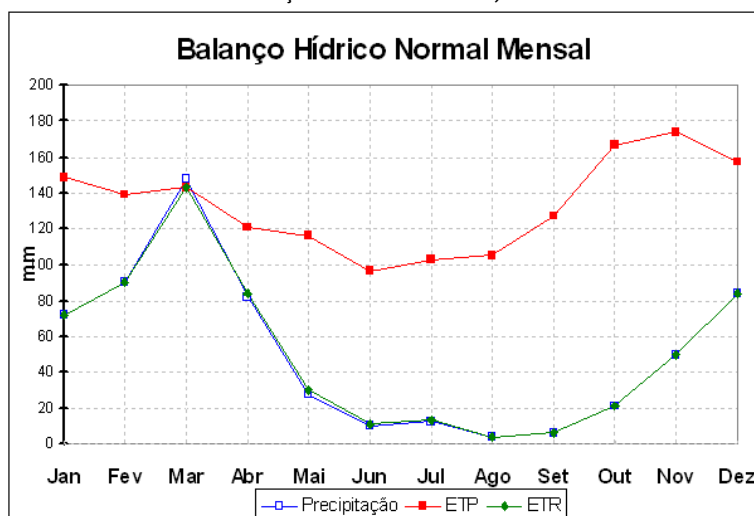


Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Latitude:	8,52 S	Longitude:	39,33 W	Altitude:	342 m	Período:	1961-1990
Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,7	78	126	0	78	48	0
Fev	26,4	87	128	0	87	41	0
Mar	26,5	141	142	0	141	1	0
Abr	25,9	117	124	0	117	7	0
Mai	25,1	33	113	0	33	80	0
Jun	24,5	19	99	0	19	80	0
Jul	21,4	12	63	0	12	51	0
Ago	23,7	12	92	0	12	80	0
Set	26,0	3	125	0	3	122	0
Out	28,0	4	171	0	4	167	0
Nov	28,5	4	179	0	4	175	0
Dez	27,8	7	172	0	7	165	0
TOTAIS	309,5	517	1.534	0	517	1.017	0
MÉDIAS	25,8	43	128	0	43	85	0

Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Anexo V. Balanço Hídrico de Petrolina, Pernambuco



Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Latitude:	9,38 S	Longitude:	40,48 W	Altitude:	370 m	Período:	1961-1990
-----------	--------	------------	---------	-----------	-------	----------	-----------

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	26,9	72	149	0	72	77	0
Fev	27,0	90	139	0	90	49	0
Mar	26,6	148	143	5	143	0	0
Abr	25,8	82	121	3	84	38	0
Mai	25,4	28	116	1	30	86	0
Jun	24,5	10	97	1	11	86	0
Jul	24,7	13	103	0	13	89	0
Ago	24,8	4	105	0	4	101	0
Set	26,2	6	127	0	6	121	0
Out	27,8	21	167	0	21	146	0
Nov	28,2	50	174	0	50	124	0
Dez	27,1	84	157	0	84	73	0
TOTAIS	315,0	608	1.598	10	608	990	0
MÉDIAS	26,3	51	133	1	51	82	0

Fonte: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>

Anexo VI. Relação das imagens do sensor RapidEye - 2009/2010

1	2009-09-19T135645_RE4_3A-NAC_1938972_53446_B
2	2009-09-19t135652_re4_3a-nac_1831428_51669.bil
3	2009-09-25t134530_re1_3a-nac_4472307_95972_c1.bil
4	2010-03-11t134950_re1_3a-nac_3101280_818541.bil
5	2010-03-10T134716_RE5_3A-NAC_3090187_816581.bil
6	2010-02-18T134705_RE4_3A-NAC_2778004_753951.bil
7	2010-02-18T134702_RE4_3A-NAC_2777866_753951.bil
8	2009-11-08T134846_RE2_3A-NAC_2578872_717911.bil
9	2009-11-08T134845_RE2_3A-NAC_2178757_606851.bil
10	2009-11-08T134842_RE2_3A-NAC_2178753_606851.bil
11	2009-11-08T134842_RE2_3A-NAC_2178089_606851.bil
12	2009-11-06T134511_RE5_3A-NAC_2178764_606851.bil
13	2009-11-06T134507_RE5_3A-NAC_2178767_606851.bil
14	2009-11-06T134504_RE5_3A-NAC_2178157_606851.bil
15	2009-11-06T134503_RE5_3A-NAC_2178159_606851.bil
16	2009-11-06T134500_RE5_3A-NAC_2193012_616041.bil
17	2009-11-06T134500_RE5_3A-NAC_2178160_606851.bil
18	2009-11-06T134457_RE5_3A-NAC_2178766_606851.bil
19	2009-10-18T134612_RE5_3A-NAC_2178826_606891.bil
20	2009-09-25t134532_re1_3a-nac_1926134_52792_b1.bil
21	2009-09-25t134530_re1_3a-nac_4472307_95972_d1.bil
22	2009-09-25t134524_re1_3a-nac_1922635_531121.bil
23	2009-09-25t134524_re1_3a-nac_1922635_531121.bil
24	2009-09-24T134246_RE5_3A-NAC_2178909_606911.bil
25	2009-09-24t134242_re5_3a-nac_2580348_71802_a1.bil
26	2009-09-23T134113_RE4_3A-NAC_2178829_606901.bil
27	2009-09-20T134025_RE1_3A-NAC_2147927_598311.bil
28	2009-09-20T134021_RE1_3A-NAC_2147928_598311.bil
29	2009-09-19t135655_re4_3a-nac_1831413_516691.bil
30	2009-09-19t135652_re4_3a-nac_1831665_516691.bil
31	2009-09-19t135649_re4_3a-nac_1831751_516691.bil
32	2009-09-19t135648_re4_3a-nac_1831500_516691.bil
33	2009-09-19t135645_re4_3a-nac_1995943_559501.bil
34	2009-09-19t135645_re4_3a-nac_1938972_53446_d1.bil
35	2009-09-19t135645_re4_3a-nac_1938972_53446_b1.bil
36	2009-09-19t135645_re4_3a-nac_1938972_53446_a1.bil
37	2009-09-19t135638_re4_3a-nac_1831578_516691.bil
38	2009-09-19t135638_re4_3a-nac_1831503_516691.bil
39	2009-09-19t135634_re4_3a-nac_1831505_516691.bil
40	2009-09-19t133746_re5_3a-nac_1995933_559501.bil
41	2009-09-18T133635_RE4_3A-NAC_2178893_606901.bil
42	2009-09-18t133628_re4_3a-nac_1995708_559491.bil
43	2009-09-18t133627_re4_3a-nac_1995711_559491.bil
44	2009-09-18t133624_re4_3a-nac_1995617_559491.bil
45	2009-09-18t133624_re4_3a-nac_1995491_559491.bil
46	2009-09-18t133623_re4_3a-nac_1995490_559491.bil
47	2009-09-18t133621_re4_3a-nac_1995706_559491.bil
48	2009-09-18t133620_re4_3a-nac_1995705_559491.bil
49	2009-09-18t133620_re4_3a-nac_1995494_559491.bil
50	2009-02-10t133857_re3_3a-nac_1593774_467321.bil
51	2009-09-18t133616_re4_3a-nac_1995707_559491.bil

52	2009-09-18t133613_re4_3a-nac_1995495_559491.bil
53	2009-09-18t133610_re4_3a-nac_1995587_559491.bil
54	2009-09-18t133610_re4_3a-nac_1995493_559491.bil
55	2009-09-06t134616_re1_3a-nac_1995777_559501.bil
56	2009-09-05t134339_re5_3a-nac_1995942_559501.bil
57	2009-09-05t134336_re5_3a-nac_1995939_559501.bil
58	2009-09-04t134210_re4_3a-nac_1831153_527141.bil
59	2009-07-19t135528_re4_3a-nac_1594997_467341.bil
60	2009-06-29t133610_re4_3a-nac_2000126_560111.bil
61	2009-03-22t133722_re5_3a-nac_1777112_503052.bil
62	2009-03-22t133722_re5_3a-nac_1777112_503051.bil
63	2009-02-10t133904_re3_3a-nac_1593762_467321.bil
64	2009-02-10t133901_re3_3a-nac_1753258_500371.bil
65	2009-02-10t133901_re3_3a-nac_1753258_500371.bil
66	2009-02-10t133858_re3_3a-nac_1752565_500371.bil
67	2009-02-10t133857_re3_3a-nac_1593874_467321.bil
68	2009-02-10t133857_re3_3a-nac_1593774_467321.bil
69	2009-02-10t133854_re3_3a-nac_1593764_467321.bil
70	2009-02-10t133850_re3_3a-nac_1593462_467321.bil
71	2009-03-22T133721_RE5_3A-NAC_1593781_46732
72	2009-03-22T133722_RE5_3A-NAC_1777112_50305
73	2009-08-21T134838_RE4_3A-NAC_1833195_51669
74	2009-09-18T133631_RE4_3A-NAC_1995586_55949
75	2009-09-19T135648_RE4_3A-NAC_1831500_51669
76	2009-11-09T134743_RE3_3A-NAC_2346959_65433
77	2009-11-10T134806_RE4_3A-NAC_2178082_60685
78	2009-11-10T134810_RE4_3A-NAC_2178087_60685
79	2009-11-10T134810_RE4_3A-NAC_2178748_60685
80	2009-12-08T133632_RE4_3A-NAC_2777850_75395

Anexo VII. Relação das imagens do sensor Modis Terra

		NDVI	EVI
2001	Período chuvoso	MOD13Q1.20010306.250m_16_dias_NDVI_BA	MOD13Q1.20010306.250m_16_dias_EVI_BA
	Período seco	MOD13Q1.20010829.250m_16_dias_NDVI_BA	MOD13Q1.20010829.250m_16_dias_EVI_BA
2006	Período chuvoso	MOD13Q1.20060306.250m_16_dias_NDVI_BA	MOD13Q1.20060306.250m_16_dias_EVI_BA
	Período seco	MOD13Q1.20060829.250m_16_dias_NDVI_BA	MOD13Q1.20060829.250m_16_dias_EVI_BA
2011	Período chuvoso	MOD13Q1.20110306.250m_16_dias_NDVI_BA	MOD13Q1.20110306.250m_16_dias_EVI_BA
	Período seco	MOD13Q1.20110829.250m_16_dias_NDVI_BA	MOD13Q1.20110829.250m_16_dias_EVI_BA
2016	Período chuvoso	MOD13Q1.20160305.250m_16_dias_NDVI_BA	MOD13Q1.20160305.250m_16_dias_EVI_BA
	Período seco	MOD13Q1.20160828.250m_16_dias_EVI_BA	MOD13Q1.20160828.250m_16_dias_NDVI_BA

Anexo VIII. Relação das imagens do sensor Landsat

1973	
231067	LANDSAT_1_MSS_19730726_231_067_L2_BAND4.tif LANDSAT_1_MSS_19730726_231_067_L2_BAND5.tif LANDSAT_1_MSS_19730726_231_067_L2_BAND6.tif LANDSAT_1_MSS_19730726_231_067_L2_BAND7.tif
232066	LANDSAT_1_MSS_19731025_232_066_L2_BAND4.tif LANDSAT_1_MSS_19731025_232_066_L2_BAND5.tif LANDSAT_1_MSS_19731025_232_066_L2_BAND6.tif LANDSAT_1_MSS_19731025_232_066_L2_BAND7.tif
232067	LANDSAT_1_MSS_19731025_232_067_L2_BAND4.tif LANDSAT_1_MSS_19731025_232_067_L2_BAND5.tif LANDSAT_1_MSS_19731025_232_067_L2_BAND6.tif LANDSAT_1_MSS_19731025_232_067_L2_BAND7.tif
233066	LANDSAT_1_MSS_19731113_233_066_L2_BAND4.tif LANDSAT_1_MSS_19731113_233_066_L2_BAND5.tif LANDSAT_1_MSS_19731113_233_066_L2_BAND6.tif LANDSAT_1_MSS_19731113_233_066_L2_BAND7.tif
233067	LANDSAT_1_MSS_19731113_233_067_L2_BAND4.tif LANDSAT_1_MSS_19731113_233_067_L2_BAND5.tif LANDSAT_1_MSS_19731113_233_067_L2_BAND6.tif LANDSAT_1_MSS_19731113_233_067_L2_BAND7.tif
1990/1992	
217-66	LANDSAT_5_TM_19900616_217_066_L2_BAND1 LANDSAT_5_TM_19900616_217_066_L2_BAND2 LANDSAT_5_TM_19900616_217_066_L2_BAND3 LANDSAT_5_TM_19900616_217_066_L2_BAND4 LANDSAT_5_TM_19900616_217_066_L2_BAND5 LANDSAT_5_TM_19900616_217_066_L2_BAND6 LANDSAT_5_TM_19900616_217_066_L2_BAND7
217-67	LANDSAT_5_TM_19900616_217_067_L2_BAND1 LANDSAT_5_TM_19900616_217_067_L2_BAND2 LANDSAT_5_TM_19900616_217_067_L2_BAND3 LANDSAT_5_TM_19900616_217_067_L2_BAND4 LANDSAT_5_TM_19900616_217_067_L2_BAND5 LANDSAT_5_TM_19900616_217_067_L2_BAND6 LANDSAT_5_TM_19900616_217_067_L2_BAND7
216-66	LANDSAT_5_TM_19921004_216_066_L2_BAND1 LANDSAT_5_TM_19921004_216_066_L2_BAND2 LANDSAT_5_TM_19921004_216_066_L2_BAND3 LANDSAT_5_TM_19921004_216_066_L2_BAND4 LANDSAT_5_TM_19921004_216_066_L2_BAND5 LANDSAT_5_TM_19921004_216_066_L2_BAND6 LANDSAT_5_TM_19921004_216_066_L2_BAND7
216_67	LANDSAT_5_TM_19921004_216_067_L2_BAND1 LANDSAT_5_TM_19921004_216_067_L2_BAND2 LANDSAT_5_TM_19921004_216_067_L2_BAND3 LANDSAT_5_TM_19921004_216_067_L2_BAND4 LANDSAT_5_TM_19921004_216_067_L2_BAND5 LANDSAT_5_TM_19921004_216_067_L2_BAND6 LANDSAT_5_TM_19921004_216_067_L2_BAND7
2001	
217-66	LANDSAT_7_ETMXPAN_20010910_217_066_L2_BAND8 LANDSAT_7_ETMXPAN_20010910_217_066_L2_BAND1 LANDSAT_7_ETMXPAN_20010910_217_066_L2_BAND2 LANDSAT_7_ETMXPAN_20010910_217_066_L2_BAND3 LANDSAT_7_ETMXPAN_20010910_217_066_L2_BAND4 LANDSAT_7_ETMXPAN_20010910_217_066_L2_BAND5

	LANDSAT_7_ETMXS_20010910_217_066_L2_BAND6 LANDSAT_7_ETMXS_20010910_217_066_L2_BAND7
217-67	LANDSAT_7_ETMPAN_20010910_217_067_L2_BAND8 LANDSAT_7_ETMXS_20010910_217_067_L2_BAND1 LANDSAT_7_ETMXS_20010910_217_067_L2_BAND2 LANDSAT_7_ETMXS_20010910_217_067_L2_BAND3 LANDSAT_7_ETMXS_20010910_217_067_L2_BAND4 LANDSAT_7_ETMXS_20010910_217_067_L2_BAND5 LANDSAT_7_ETMXS_20010910_217_067_L2_BAND6 LANDSAT_7_ETMXS_20010910_217_067_L2_BAND7
216-66	LANDSAT_7_ETMPAN_20011005_216_066_L2_BAND8 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_066_L2_BAND1 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_066_L2_BAND2 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_066_L2_BAND3 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_066_L2_BAND4 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_066_L2_BAND5 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_066_L2_BAND6 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_066_L2_BAND7
216_67	LANDSAT_7_ETMPAN_20011005_216_067_L2_BAND8 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_067_L2_BAND1 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_067_L2_BAND2 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_067_L2_BAND3 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_067_L2_BAND4 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_067_L2_BAND5 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_067_L2_BAND6 LANDSAT_7_ETMXS_20011005_216_067_L2_BAND7
2016	
217-66	LANDSAT_7_ETMPAN_20010910_217_066_L2_BAND8 LO82170662016303CUB00_B1 LO82170662016303CUB00_B2 LO82170662016303CUB00_B3 LO82170662016303CUB00_B4 LO82170662016303CUB00_B5 LO82170662016303CUB00_B6 LO82170662016303CUB00_B7 LO82170662016303CUB00_B8 LO82170662016303CUB00_B9
217-67	LO82170672016303CUB00_B1 LO82170672016303CUB00_B2 LO82170672016303CUB00_B3 LO82170672016303CUB00_B4 LO82170672016303CUB00_B5 LO82170672016303CUB00_B6 LO82170672016303CUB00_B7 LO82170672016303CUB00_B8 LO82170672016303CUB00_B9
216-66	LO82160662016264CUB00_B1 LO82160662016264CUB00_B2 LO82160662016264CUB00_B3 LO82160662016264CUB00_B4 LO82160662016264CUB00_B5 LO82160662016264CUB00_B6 LO82160662016264CUB00_B7 LO82160662016264CUB00_B8 LO82160662016264CUB00_B9
216_67	LO82160672016264CUB00_B1 LO82160672016264CUB00_B2 LO82160672016264CUB00_B3 LO82160672016264CUB00_B4 LO82160672016264CUB00_B5 LO82160672016264CUB00_B6 LO82160672016264CUB00_B7

	LO82160672016264CUB00_B8 LO82160672016264CUB00_B9
--	--

